

**TINJAUAN KUAT LEKAT DENGAN METODE UJI BELAH
PADA REPAIR MORTAR DENGAN BAHAN TAMBAH
SERAT BAN**

*The Bond Strength Evaluation Using Tensile Splitting Test on Repair Mortar
Containing Tire Fiber*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

FELLYCIA ELAINE NOEGRAHAWATY
I 1107522

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2009

HALAMAN PERSETUJUAN

**TINJAUAN KUAT LEKAT DENGAN METODE UJI BELAH
PADA REPAIR MORTAR DENGAN BAHAN TAMBAH
SERAT BAN**

*The Bond Strength Evaluation Using Tensile Splitting Test on Repair Mortar
Containing Tire Fiber*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun Oleh :

FELLYCIA ELAINE NOEGRAHAWATY
I 1107522

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Fakultas
Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

S A Kristiawan, ST, MSc, (Eng), PhD.
NIP. 19690501 199512 1 001

Ir. Sunarmasto, MT.
NIP. 19560717 198703 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

**TINJAUAN KUAT LEKAT DENGAN METODE UJI BELAH
PADA REPAIR MORTAR DENGAN BAHAN TAMBAH
SERAT BAN**

*The Bond Strength Evaluation Using Tensile Splitting Test on Repair Mortar
Containing Tire Fiber*

SKRIPSI

Disusun Oleh :

FELLYCIA ELAINE NOEGRAHAWATY
I 1107522

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada hari : **Kamis, 17 Desember 2009**

1. S A Kristiawan, ST., MSc., Ph.D _____
NIP. 19690501 199512 1 001
2. Ir. Sunarmasto, MT _____
NIP. 19560717 198703 1 003
3. Achmad Basuki, ST., MT _____
NIP. 19710901 199702 1 001
4. Endah Safitri, ST., MT _____
NIP. 19701212 200003 1 002

Disahkan,
Ketua Program S1 Non Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Ir. Agus Sumarsono, MT
NIP. 19570814 198601 1 001

Mengetahui,
a.n Dekan Fakultas Teknik UNS
Pembantu Dekan I

Disahkan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Ir. Noegroho Djarwanti, MT
NIP. 19561112 198403 2 007

Ir. Bambang Santoso, MT
NIP. 19590823 198601 1 001

MOTTO

“Permulaan hikmat adalah takut akan Tuhan”

(Mazmur 111:10)

“Kerena itu berdirilah teguh, jangan goyah dan giatlah selalu dalam pekerjaan Tuhan! Sebab kamu tahu, bahwa dalam persekutuan dengan Tuhan jerih payahmu tidak sia-sia”

(1 Korintus 15 : 58)

“Kritik yang adil memberi perangsang dan semangat, kritik yang tidak adil tidak perlu dihiraukan”

(Anonim)

PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan untuk :

- 1. Papa, Mama dan Mami tercinta yang telah memberiku segalanya*
- 2. Adik-adikku tercinta : Theo, Chandra, Alin, Yenny dan Leo*
- 3. Penyemangat hidupku : Gerald Dimas Seno*

ABSTRAK

Fellycia Elaine Noegrahawaty, 2009, Tinjauan Kuat Lekat Dengan Metode Uji Belah Pada Repair Mortar Dengan Bahan Tambah Serat Ban, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Selama masa umur rencananya kadangkala beton dapat mengalami kerusakan. Dengan adanya kerusakan-kerusakan tersebut maka beton perlu diperbaiki antara lain dengan penambalan (patch repair). Penambalan (patch repair) itu dapat dilakukan dengan menggunakan mortar sebagai repair material. Salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk material patch repair yaitu diantaranya mampu menyatu atau melekat erat dengan beton yang akan di patch repair. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ban pada repair mortar terhadap nilai kuat lekat serta untuk mengetahui dan mendapatkan persentase penambahan serat ban agar diperoleh kuat lekat maksimum.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Benda uji yang diteliti berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tarik belah. Jumlah benda uji 48 buah dengan komposisi serat 0%, 4%, 8%, 12%, masing-masing komposisi sebanyak 12 sampel

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat ban pada campuran repair mortar dapat meningkatkan nilai kuat lekat beton. Dari hasil penelitian di atas dapat diketahui nilai maksimum dari persamaan $Y = 260,4 X^3 - 62,5 X^2 + 2,908 X + 1$. Maka nilai maksimum dari Y adalah jika memenuhi persamaan $0 = 781,2 X^2 - 125 X + 2,908$ yaitu X sebesar 0,0282 atau 2,82 %. Dari persamaan tersebut tampak bahwa nilai kuat lekat maksimum dari repair mortar berada pada kadar serat 2,82%.

Kata kunci : serat ban, kuat lekat beton, uji belah, repair mortar

PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul : **”Tinjauan Kuat Lekat Dengan Metode Uji Belah Pada Repair Mortar Dengan Bahan Tambah Serat Ban”**. Adapun skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Segenap Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak SA Kristiawan, ST, MSc, (Eng), PhD selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Sunarmasto, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. Agus Sumarsono, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Teman-teman satu kelompok yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.
7. Teman-teman Teknik Sipil Non Reguler Angkatan 2005 dan Transfer 2007, terima kasih atas kehangatan persahabatannya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan guna kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Desember 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Umum	4
2.2. Kerusakan-Kerusakan Yang Terjadi Pada Beton.....	5
2.3. Penyebab Kerusakan-Kerusakan Pada Beton	6
2.4. Metode Perbaikan Beton	7
2.5. Material Perbaikan Beton	9
2.6. Metode Patch Repair	9
2.7. Material Patch Repair	11
2.8. Penggunaan Serat	11
2.9. Kuat Lekat Beton	12
2.10. Kuat Tarik Belah Beton	12
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1. Uraian Umum.....	14
3.2. Bahan dan Material	14

3.3.	Benda Uji.....	17
3.3.1.	Jumlah Benda Uji.....	17
3.3.2.	Proporsi Campuran.....	17
3.3.3.	Jenis Benda Uji	18
3.3.4.	Pembuatan Benda Uji.....	19
3.3.5.	Perawatan Benda Uji.....	20
3.4.	Alat-alat yang digunakan.....	21
3.5.	Prosedur Pengujian.....	22

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN..... 25

4.1.	Hasil Pengujian Agregat.....	25
4.1.1.	Hasil Pengujian Agregat Halus	25
4.1.2.	Hasil Pengujian Agregat Kasar	27
4.2.	Data Hasil <i>Bond Split Strength</i>	28
4.3.	Hubungan Kuat Lekat dengan Kuat Tekan	32
4.4.	Pembahasan.....	33

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN..... 34

5.1.	Kesimpulan	34
5.2.	Saran	34

DAFTAR PUSTAKA..... 35

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengujian Kuat Tarik Belah.....	13
Gambar 3.1. Benda Uji	19
Gambar 3.2. Bagan Alir Tahap-tahap Penelitian	24
Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Halus.....	26
Gambar 4.2. Grafik Daerah Susunan Butir Agregat Kasar.....	28
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Umur Beton dengan Bond Split.....	29
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 4%	29
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 8%	30
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 12%	30
Gambar 4.7. Grafik Rasio Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban	31
Gambar 4.8. Grafik Hubungan Kuat Tekan Mortar hari ke-1 dengan Kuat Lekat Mortar hari ke-1.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Proporsi campuran benda uji.....	17
Tabel 3.2.	Proporsi campuran adukan silinder untuk $\frac{1}{2}$ beton normal	18
Tabel 3.3.	Proporsi campuran adukan silinder untuk $\frac{1}{2}$ mortar	18
Tabel 3.4.	Proporsi campuran adukan silinder untuk $\frac{1}{2}$ mortar + serat ban.....	18
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Agregat Halus	25
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus	26
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Agregat Kasar	27
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar	27
Tabel 4.5.	Hasil pembebanan rata-rata pada pengujian kuat tarik belah silinder beton	28

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

%	= persen
D	= diameter silinder, mm
f_t	= kuat belah beton, N/mm ²
L	= panjang silinder, mm
MPa	= Mega Pascal
P	= beban maksimum yang diberikan, N

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : HASIL PENGUJIAN BAHAN

LAMPIRAN B : KEBUTUHAN BAHAN

LAMPIRAN C : DATA HASIL PENGUJIAN

LAMPIRAN D : DOKUMENTASI

LAMPIRAN E : BERKAS KELENGKAPAN SKRIPSI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok atau pelat. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti bendung, bendungan, saluran dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapis ker as permukaan yang kaku), gorong-gorong dan lainnya. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

Beton pada umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton tersebut. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan yang dihasilkan. Keawetan yang baik didapatkan jika perencanaan, pelaksanaan dan perawatan beton pada struktur dilakukan dengan baik.

Keawetan struktur beton selama masa pelaksanaan masih tetap memerlukan jaminan pengawasan pelaksanaannya, agar beton tidak menimbulkan kerusakan pada kondisi normal selama umur rencana. Namun demikian, kadangkala beton dapat rusak selama masa umur rencananya. Kerusakan-kerusakan tersebut bisa terjadi akibat pengaruh mekanis (gempa bumi), pengaruh fisika (temperatur, waktu) dan pengaruh kimia (korosi, tingkat keasaman yang tinggi dan lainnya).

Kerusakan-kerusakan tersebut perlu mengalami perbaikan-perbaikan antara lain dengan cara penambalan (*patch repair*). Dalam perbaikan beton dengan cara penambalan ini perlu diperhatikan syarat-syarat material yang digunakan untuk *patch repair*.

Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk material *patch repair* yaitu diantaranya mampu menyatu atau melekat erat dengan beton yang akan di *patch repair*, dapat menyesuaikan bentuk beton yang akan di *patch repair* dan tidak mengurangi kekuatan beton.

Mortar sebagai repair material relatif mudah dibuat dan diaplikasikan di lapangan. Namun demikian material ini cenderung mengalami susut yang dapat berakibat retak-retak. Untuk mengatasi retak-retak ini, maka mortar dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan serat ban. Serat ban merupakan bahan yang dapat ditambahkan dalam campuran repair mortar, karena serat ban mempunyai sifat yang tahan lama, kuat dan elastis saat diaplikasikan di lapangan. Oleh karenanya, tinjauan mengenai mortar yang telah diberi penambahan serat ban merupakan suatu topik yang perlu diteliti.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat ban pada repair mortar terhadap nilai kuat lekat.
2. Berapa besar persentase penambahan serat ban agar diperoleh kuat lekat maksimum.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mempermudah pembahasan, maka penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian tidak memperhatikan aspek reaksi kimia yang mungkin terjadi antara beton induk dan *repair material*.
2. Dalam penelitian ini serat ban yang digunakan lolos saringan 4,75 mm
3. Serat ban yang digunakan dengan variasi 0%, 4%, 8% dan 12% dari berat semen.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serat ban pada repair mortar terhadap nilai kuat lekat.
2. Mengetahui dan mendapatkan persentase penambahan serat ban agar diperoleh kuat lekat maksimum.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

Dengan adanya penelitian ini, maka didapat manfaat berupa informasi kandungan serat ban yang dapat ditambahkan dalam campuran repair mortar untuk mendapatkan repair material yang dapat digunakan dalam pekerjaan *patch repair* (penambalan) dengan kinerja yang baik ditinjau dari kuat lekatnya.

1.5.2. Manfaat Praktis

Mengetahui kinerja dari penggunaan serat ban sebagai bahan tambah repair mortar agar sesuai dengan yang dibutuhkan di lapangan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. (**Kardiyono Tjokrodimuljo, 1996 :1**)

Admixture atau bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Agregates* (ASTM C.125-1995 : 61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan atau untuk tujuan lain selain penghematan energi.

Menurut **Kardiyono Tjokrodimuljo (1996)**, bahan tambah dapat berupa bahan kimia, pozzolan dan serat. Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat (*fiber concrete*). Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 sampai 500 μm (*mikro meter*), dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Serat dapat berupa asbestos, gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuhan. Maksud utama penambahan serat ke dalam adukan beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi tahan retak dan tahan benturan. Adanya serat mengakibatkan berkurangnya sifat kemudahan dikerjakan dan mempersulit terjadinya segregasi. Serat dalam beton berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktail dari pada beton biasa.

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat (semen portland) dan air. **(Kardiyono Tjokrodimuljo, 1996 :125)**

2.2. Sifat Utama Beton

Macam-macam sifat utama yang dimiliki beton antara lain:

a. Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin mudah beton itu dikerjakan.
2. Penambahan semen ke dalam campuran adukan juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan *slump*. Makin besar nilai slump berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan. Pada umumnya nilai slump berkisar antara 5 dan 12,5 cm.

b. Pemisahan kerikil

Kecenderungan butir-butir kerikil untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton disebut "*segregation*". Kecenderungan pemisahan kerikil ini diperbesar dengan :

1. Campuran dan porous (kurang semen)
2. Terlalu banyak air
3. Semakin besar butir kerikil
4. Semakin kasar permukaan kerikil

Pemisahan kerikil dari adukan beton berakibat kurang baik terhadap betonnya setelah mengeras. Untuk mengurangi kecenderungan pemisahan kerikil tersebut maka diusahakan hal-hal sebagai berikut :

1. Air yang diberikan sesedikit mungkin
2. Adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian terlalu besar
3. Cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul

c. Pemisahan Air

Kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton yang baru saja dipadatkan disebut "*bleeding*".

Air naik ke atas sambil membawa semen dan butir-butir halus pasir yang pada akhirnya setelah beton mengeras akan tampak sebagai lapisan selaput. Lapisan ini dikenal sebagai "*laitance*".

Pemisahan air ini dapat dikurangi dengan cara-cara berikut :

1. Memberi lebih banyak semen
2. Menggunakan air sesedikit mungkin
3. Menggunakan pasir lebih banyak

2. 3. Kerusakan-Kerusakan Yang Terjadi Pada Beton

a. Retak (*Crack*)

Retak merupakan kerusakan paling ringan yang terjadi pada beton.

Keretakan dibedakan menjadi retak struktur dan non-struktur. Retak struktur umumnya terjadi pada elemen struktur konstruksi bangunan, sedang retak non-struktur terjadi dinding bata atau dinding non-beton lainnya.

Pada retak non struktur dapat terjadi karena beberapa sebab, diantaranya proporsi campuran beton kurang baik, umur bangunan, cuaca, efek panas yang berlebihan, reaksi kimia dan susut. Sedangkan penyebab retak pada struktur sama dengan retak non struktur tapi retak pada struktur juga terjadi karena gempa, kebakaran dan korosi pada struktur beton.

b. Terlepasnya bagian beton (*Spalling*)

Spalling atau terlepasnya bagian beton merupakan jenis kerusakan beton yang sering terjadi pada bangunan beton dan biasanya kurang diperhatikan dalam pembuatan campurannya. Kerusakan ini terjadi karena campuran beton yang kurang homogen dan juga faktor umur beton

c. Aus

Aus merupakan jenis kerusakan beton yang sering terjadi pada bangunan. Kerusakan jenis ini biasanya kurang diperhatikan karena tingkat kerusakan yang sulit diprediksi. Kerusakan ini juga disebabkan karena umur beton yang sudah terlalu lama, kebakaran, reaksi kimia dan sebagainya.

d. Patah

Patah yang terjadi pada beton biasanya dikarenakan struktur beton yang tidak mampu untuk menahan beban. Kerusakan ini bisa terjadi karena pada saat pembuatan campuran beton (*mix design*) kurang diperhatikan proporsi yang digunakan. Sebelum pembuatan campuran beton harus menghitung beban-beban yang akan menimpa struktur beton tersebut agar patah pada beton tidak terjadi.

e. Keropos

Keropos merupakan jenis kerusakan yang disebabkan salah satunya karena umur beton yang terlalu lama. Kerusakan ini biasanya kurang diperhatikan karena kerusakan terjadi pada bagian bangunan yang sulit dijangkau. Misalnya pada bagian bawah jembatan. Untuk itu agar tidak terjadi keropos dini karena reaksi kimia atau yang lain maka perlu diperhatikan pada saat pembuatan bangunan.

f. Delaminasi

Beton mengelupas sampai kelihatan tulangnya disebut delaminasi. Kerusakan ini bisa terjadi pada konstruksi bangunan dikarenakan banyak

sebab, diantaranya kegagalan pada pembuatan campuran, reaksi kimia, kelebihan beban dan sebagainya. Oleh karena itu perlu diperhitungkan agar kerusakan ini tidak terjadi pada konstruksi bangunan.

2. 4. Penyebab Kerusakan-Kerusakan Pada Beton

a. Kerusakan Akibat Pengaruh Mekanis

Pengaruh mekanis yang paling umum adalah gempa. Beton harus direncanakan agar dapat berperilaku duktail (mempunyai sifat daktilitas). Variasi kerusakan yang timbul dapat berupa goresan-goresan (retak rambut) akibat pengaruh bahan dan getaran yang kecil (ledakan) sampai ke kerusakan hancur (gempa tinggi).

b. Kerusakan Akibat Pengaruh Fisika

Kerusakan ini akibat pengaruh temperatur yang dapat menimbulkan kehilangan panas hidrasi dan kebakaran. Kerusakan lainnya akibat waktu dan suhu, misalnya *creep & crack* serta penurunan yang tidak sama pada tanah dasarnya.

c. Kerusakan Akibat Pengaruh Kimia

Kerusakan ini umumnya paling banyak muncul pada struktur beton. Kerusakan ini berkaitan langsung dengan struktur dan lingkungan setempat, misalnya akibat korosi, tingkat keasaman yang tinggi dan lainnya.

2. 5. Metode Perbaikan Beton

Penentuan metode dan material perbaikan umumnya tergantung pada jenis kerusakan yang ada, disamping besar dan luasnya kerusakan yang terjadi, lingkungan dimana struktur berada, peralatan yang tersedia, kemampuan tenaga pelaksanaan serta batasan-batasan dari pemilik seperti keterbatasan ruang kerja, kemudahan pelaksanaan, waktu pelaksanaan dan biaya perbaikan. Tindakan perbaikan meliputi :

a. *Patching*

Untuk *spalling* yang tidak terlalu dalam (kurang dari selimut beton) dan area yang tidak luas, dapat digunakan metode *patching*. Metode perbaikan

ini adalah metode perbaikan manual, dengan melakukan penempelan mortar secara manual. Pada saat pelaksanaan yang harus diperhatikan adalah penekanan pada saat mortar ditempelkan; sehingga benar-benar didapatkan hasil yang padat.

Material yang digunakan harus memiliki sifat mudah dikerjakan, tidak susut dan tidak jatuh setelah terpasang (lihat maksimum ketebalan yang dapat dipasang tiap lapis), terutama untuk pekerjaan perbaikan overhead.

b. *Grouting*

Sedang pada *spalling* yang melebihi selimut beton, dapat digunakan metode *grouting*, yaitu metode perbaikan dengan melakukan pengecoran memakai bahan *non-shrink mortar*. Metode ini dapat dilakukan secara manual (gravitasi) atau menggunakan pompa. Pada metode perbaikan ini yang perlu diperhatikan adalah bekisting yang terpasang harus benar-benar kedap, agar tidak ada kebocoran spesi yang mengakibatkan terjadinya keropos dan harus kuat agar mampu menahan tekanan dari bahan *grouting*.

c. *Shot-crete (Beton Tembak)*

Apabila *spalling* yang terjadi pada area yang sangat luas, maka sebaiknya digunakan metode *shot-crete*. Pada metode ini tidak diperlukan bekisting lagi seperti halnya pengecoran pada umumnya. Metode *shot-crete* ada dua sistem yaitu *dry-mix* dan *wet-mix*.

Pada metode *shot-crete*, umumnya digunakan *additive* untuk mempercepat pengeringan (*accelerator*), dengan tujuan mempercepat pengerasan dan mengurangi terjadinya banyaknya bahan yang terpantul dan jatuh (*rebound*).

d. *Grout Preplaced Agregat (Beton Prepack)*

Metode perbaikan lainnya untuk memperbaiki kerusakan berupa *spalling* yang cukup dalam adalah dengan metode *Grout Preplaced Agregat*. Pada metode ini beton yang dihasilkan adalah dengan cara menempatkan sejumlah agregat (umumnya 40% dari volume kerusakan) kedalam bekisting, setelah itu dilakukan pemompaan bahan *grout*, kedalam bekisting. Material *grout* yang umumnya digunakan adalah *polymer grout*, yang memiliki flow cukup tinggi dan tidak susut.

e. Injeksi

Metode injeksi ini merupakan metode yang digunakan untuk perbaikan beton yang terjadi retak-retak ringan. Untuk retak non-struktur, dapat digunakan metode injeksi dengan material pasta semen yang dicampur dengan *expanding agent* serta *latex* atau hanya melakukan *sealing* saja dengan material *polymer* mortar atau *polyurethane sealant*.

Sedang pada retak struktur, digunakan metode injeksi dengan material epoxy yang mempunyai viskositas yang rendah, sehingga dapat mengisi dan sekaligus melekatkan kembali bagian beton yang terpisah.

Proses injeksi dapat dilakukan secara manual maupun dengan mesin yang bertekanan, tergantung pada lebar dan dalamnya keretakan.

f. Overlay

Metode *Overlay* ini merupakan metode perbaikan beton yang terjadi *spalling* hampir keseluruhan pada permukaan beton. Oleh karena itu sebelum dilakukannya metode ini perlu persiapan-persiapan permukaan yang akan diperbaiki.

2. 6. Material Perbaikan Beton

Pemilihan material repair biasanya dilakukan untuk mengetahui kinerja dari material yang akan diaplikasikan agar sesuai dengan yang dibutuhkan dilapangan. Adapun syarat-syarat sebagai material repair, yaitu :

a. Daya lekat yang kuat

Kelekatan antara material repair dengan beton yang akan diperbaiki harus menyatu dengan baik sehingga menjadi satu kesatuan beton yang utuh.

b. Deformable pada beton

Material repair harus menyesuaikan bentuk beton yang akan diperbaiki.

c. Tidak mengurangi kekuatan beton

Material repair yang akan digunakan untuk memperbaiki beton mampu menahan beban yang sama pada beton yang akan diperbaiki.

d. Tidak susut

Material repair tidak terjadi susut agar beton yang akan diperbaiki tidak kehilangan kekuatan sebagian.

Material beton yang akan digunakan harus diketahui respon pada saat kondisi layan beton. Pemilihan material repair yang akan diperlukan harus mempunyai hasil perbaikan yang tahan lama.

2. 7. Metode Patch Repair

Metode perbaikan ini adalah metode perbaikan manual, dengan melakukan penempelan mortar secara manual. Pada saat pelaksanaan yang harus diperhatikan adalah penekanan pada saat mortar ditempelkan; sehingga benar-benar didapatkan hasil yang padat.

Permukaan beton yang akan diperbaiki atau diperkuat perlu dipersiapkan, dengan tujuan agar terjadi ikatan yang baik; sehingga material perbaikan atau perkuatan dengan beton lama menjadi satu kesatuan.

Permukaan beton yang akan diperbaiki atau diperkuat, harus merupakan permukaan yang kuat dan padat, tidak ada keropos ataupun bagian lemah lainnya (kecuali bila menggunakan metode injeksi untuk mengisi celah keropos); serta harus bersih dari debu dan kotoran lainnya.

Persiapan-persiapan permukaan beton yang akan diperbaiki, yaitu :

- *Erosion* (pengikisan)
Erosion dilakukan untuk meratakan atau pengasaran permukaan beton. Pengikisan dilakukan dengan menggunakan gerinda atau sejenisnya yang dapat untuk melakukan pekerjaan tersebut.
- *Impact* (kejut)
Impact pada permukaan beton yang akan diperbaiki gunanya untuk mendapatkan nilai kuat tarik dan kuat tekan beton yang lebih baik.
- *Pulverization* (menghancurkan permukaan beton)
Penghancuran ini dilakukan dengan cara menabrakan partikel kecil dengan kecepatan yang tinggi ke permukaan beton.
- *Expansive pressure*
Persiapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu *Steam* dan *Water*. *Steam* dilakukan dengan temperatur sumber panas yang tinggi. Sedangkan cara *Water* dilakukan menggunakan *water jetting* yang bekerja dengan tekanan yang tinggi sama dengan cara *Steam*.

Permukaan yang sudah dipersiapkan, apakah harus dalam keadaan kering atau harus dijenuhkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pelapisan berikutnya. Hal ini sangat tergantung pada material yang digunakan. Untuk material berbahan dasar semen atau *polymer*, permukaan beton harus dijenuhkan terlebih dahulu; tetapi bila material yang digunakan berbahan dasar epoxy, maka permukaan beton harus dalam keadaan kering.

2. 8. Material patch repair

Ada beberapa material patch repair yang dapat digunakan, antara lain :

1. Portland Cement Mortar.
2. Portland Cement Concrete.
3. Microsilica-Modified Portland Cement Concrete.
4. Polymer-Modified Portland Cement Concrete.
5. Polymer-Modified Portland Cement Mortar.
6. Magnesium Phosphate Cement Concrete.
7. Preplaced aggregate Concrete.
8. Epoxy Mortar.
9. Methyl Methacrylate (MMA) Concrete.
10. Shotcrete.

2. 9. Penggunaan Serat

Beton serat adalah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa : serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Tjokrodimuljo 1996: 122).

Maksud utama dari penambahan serat ke dalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak dan tahan benturan, jika masalah penyerapan energi diperlukan. Perlu

diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas beton. (Tjokrodimuljo 1996: 50).

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penambahan serat ke dalam adukan beton dapat memberikan keuntungan berupa perbaikan beberapa sifat beton

(Suhendro 2000: 7), yaitu :

1. Daktilitas (*ductility*), yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*energi absorption*).
2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
3. Kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*).
5. Ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*).
6. Ketahanan terhadap ausan (*abrasion*), fragmentasi (*fragmentation*), dan *spalling*.

2. 10. Kuat Lekat Beton

Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara butiran-butiran, agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat kuat dan berbentuklah suatu massa yang kompak dan padat. (Tjokrodimulyo,1996 : 1).

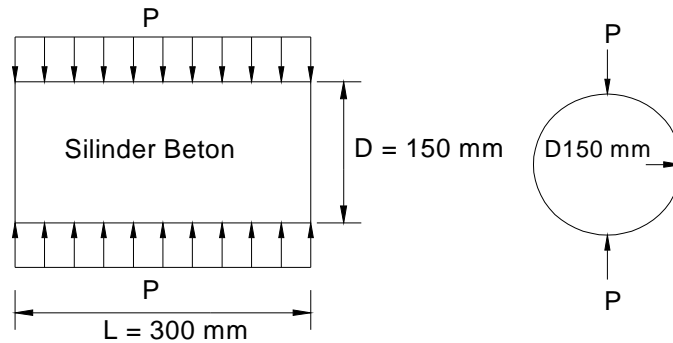
2. 11. Kuat Tarik Belah Beton

Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit diukur. Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *modulus of rupture* yaitu tegangan tarik beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas (Istimawan Dipohusodo,1994).

Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat penguji

kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung keujung.

Gaya P bekerja pada kedua sisi silinder sepanjang L dan gaya ini disebarkan seluas selimut silinder ($\pi.D.L$). secara berangsur-angsur pembebanan dinaikkan sehingga tercapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal, seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengujian Kuat Tarik Belah

Dari pembebanan maksimum yang diberikan, kekuatan tarik belah dihitung berdasarkan Persamaan 2.2.

$$f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D}$$

Dimana :

f_t : Kuat tarik belah (N/mm²)

P : Beban pada waktu belah (N)

L : Panjang benda uji silinder (mm)

D : Diameter benda uji silinder (mm)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah atau metode yang dilakukan dalam penelitian suatu masalah, kasus, gejala, fenomena atau lainnya dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki.

Dalam penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah adanya perkuatan beton dengan menambahkan serat ban pada campuran adukan mortar. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah besarnya nilai kuat tarik belah.

3.2. Bahan Dan Material

Bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini telah melalui pengujian pada laboratorium bahan bangunan dan material.

Adapun bahan dan material yang digunakan adalah :

a. Semen

Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini telah diuji yaitu uji vicat untuk mengetahui waktu pengikatan awal. Hasil uji vicat menunjukkan bahwa *initial setting time* (waktu pengikatan awal) semen dengan faktor air semen 0,5 terjadi pada rentang waktu antara 135-150 menit sehingga memenuhi standar yang disyaratkan, yaitu antara 45-375 menit.

b. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung benda melayang atau lumpur lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

c. Agregat Halus (*fine agregat*)

Agregat Halus (*fine agregat*) merupakan agregat yang lolos ayakan 4,75 mm dan tertahan di atas ayakan 0,15 mm. Sebelum penelitian berlangsung dilakukan uji pendahuluan terhadap material yang digunakan. Hasil pengujian agregat halus:

1. Pengujian gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran agregat halus. Apabila butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) maka volume pori akan besar. Namun, bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori akan kecil. Hal ini terjadi karena butir yang kecil akan mengisi pori diantara butir yang besar, dengan kata lain mempunyai kempakan tinggi. Hasil uji gradasi menunjukkan bahwa modulus kehalusan pasir 2,34 telah memenuhi standar ASTM C-33 yaitu modulus kehalusan pasir yang memenuhi syarat sebesar 2.3-3.1.
2. Pengujian kandungan zat organik merupakan pengujian untuk mengamati kandungan zat organik dalam agregat. Hasil pengujian kandungan zat organik menunjukkan bahwa zat organik yang terkandung dalam pasir cukup besar yaitu sekitar 20-30%. Hal ini tidak memenuhi syarat karena kandungan zat organik dalam pasir > 5 %, maka pasir harus dicuci terlebih dahulu.

3. Pengujian kandungan lumpur dalam pasir merupakan pengujian untuk mengetahui kadar lumpur dalam agregat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasir mengandung lumpur sebanyak 13 %, hal ini tidak memenuhi syarat karena menurut standar yang ditetapkan kandungan lumpur dalam pasir maksimum adalah 5 %. Pasir harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan agar lumpur yang terkandung dalam pasir hilang.
4. Pengujian *specific gravity* merupakan pengujian untuk mengetahui berat jenis agregat tersebut. Nilai *specific gravity* untuk agregat normal antara 2,5–2,7. Hasil pengujian *specific gravity* menunjukkan bahwa pasir mempunyai *bulk specific gravity SSD* sebesar 2.55, telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh ASTM C.128-79.

d. Agregat Kasar (*coarse agregat*)

Pada penelitian ini menggunakan batu pecah berukuran 10 mm. Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 4,75 mm. Hasil pengujian agregat kasar:

1. Pengujian gradasi dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir dari agregat kasar (*split*). Uji gradasi menunjukkan bahwa modulus halus kerikil adalah 5,003. Hal ini telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh ASTM C.33-84 yaitu 5-8.
2. Pengujian *specific gravity* merupakan pengujian untuk mengetahui berat jenis agregat tersebut Hasil pengujian *specific gravity* kerikil sebesar 2.53, telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh ASTM C.127-81 yaitu *specific gravity* agregat kasar antara 2.5-2.7.
3. Uji abrasi agregat kasar menunjukkan keausan kerikil yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 23 %, hal ini telah memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu keausan agregat kasar maksimum adalah 50 %.

e. Serat ban

Ban bekas merupakan salah satu bahan buangan dan bekas pakai yang dapat dengan mudah dicari dan ditemukan di setiap daerah di Indonesia dan jumlahnya juga relatif cukup tinggi. Serat ban adalah limbah vulkanisir ban dalam bentuk parutan atau serutan yang dibersihkan dan disaring terlebih dahulu.

Ada beberapa metode dalam pemanfaatan serat ban agar dampaknya tidak terlalu besar bagi lingkungan antara lain sebagai bahan kerajinan, tambahan bahan bakar bahkan akhir-akhir ini ada wacana sebagai bahan pembangkit listrik. Padahal jika melihat dari sifat fisik dan kimianya yang unik sebenarnya ban bekas ini dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi alternatif yang ramah lingkungan serta murah. Dari segi fisik maupun kimia, ban bekas memang cocok untuk dipakai sebagai bahan konstruksi. Sifat-sifat ban bekas seperti tahan cuaca dan radiasi ultra violet, tahan lama, kuat, elastis, serta gampang dipotong atau dilubangi.

Adapun kandungan yang terdapat pada limbah vulkanisir ban tersebut menurut hasil puslitbang adalah sebagai berikut :

1. Kadar Karbon Total : 32,19 %
2. Kadar Silikat : 1,64 %
3. Kadar Sulphur : 2,13 %
4. Kadar Karet : 64,04 %

Karet merupakan bagian terbesar penyusun dari limbah vulkanisir ini.

Adapun sifat-sifat dari karet adalah sebagai berikut :

1. Memiliki daya elastik
2. Memiliki sifat plastisitas
3. Mempunyai daya aus yang tinggi
4. Tidak mudah panas
5. Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan.
6. Memiliki daya lekat yang baik, tetapi kurang tahan terhadap gesekan
7. Proses pencampuran lebih mudah dan cepat
8. Memiliki daya tahan yang lebih besar terhadap bensin dan minyak pelumas.

Serat ban yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat ban yang lolos saringan 4,75 mm. Specific gravity serat ban sebesar 1,18. Hasil pengujian gradasi serat ban dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hasil Pengujian Gradasi Serat Ban

Ukuran Ayakan (mm)	Ukuran Serat Ban		Tertahan			Lolos
	Panjang (mm)	Diameter (mm)	Berat (gr)	Persentase (%)	Kumulatif (%)	Kumulatif (%)
4.75	-	-	415	33.414	33.414	66.586
2.36	21,5	1,8	125	10.064	43.478	56.522
1.18	9,2	1,2	340	27.375	70.853	29.147
0.85	2,35	0,85	265	21.337	92.190	7.810
Pan	Butiran seperti pasir		97	7.810	100.000	0.000
Jumlah			1242		339.936	

Proporsi tersebut diperoleh dari perhitungan persentase volume serat dalam mortar. Terdapat kadar optimum serat yang dapat dimasukkan ke dalam mortar. Penggunaan kadar yang terlalu sedikit atau terlalu banyak tidak menghasilkan efek yang baik terhadap mortar. Jika serat yang dipakai terlalu banyak maka akan mengurangi kelecakan mortar dengan sangat cepat. Mortar akan sangat sulit dipadatkan dan banyak rongga udara yang terjebak di dalamnya. Kebanyakan serat juga akan menyebabkan *balling* yaitu serat akan sangat berkaitan dan membentuk bola yang sangat berongga serta dapat mengurangi kekuatan mortar. Diperlukan pengujian *trial mix* untuk mendapatkan mortar dengan kelecakan yang cukup.

Berdasarkan pengujian *trial mix* penelitian ini menggunakan serat ban dengan proporsi 4%, 8% dan 12% dari volume cetakan yang digunakan. Mortar yang dibuat dengan proporsi serat ban tersebut masih dalam keadaan *workable* dan proporsi serat ban lebih dari 12% sudah tidak mencapai *workability* mortar. Perbedaan selisih proporsi yang digunakan adalah 4% karena diharapkan dengan selisih tersebut mortar yang dibuat dapat jelas terlihat perbedaan daktilitasnya.

f. *Accelerator*

Accelerating admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton maupun mortar. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (*hidrasi*) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton maupun mortar.

Kelebihan *accelerator* perlu dihindari karena dapat menyebabkan kesulitan *placement* dan akan merusak sebab terjadi *setting* yang cepat, susut pengeringan bertambah, korosi pada tulangan dan kekuatan pada umur lanjut dapat berkurang.

g. *Superplasticizer*

Bahan tambah *additive* atau *admixture* adalah bahan tambah selain semen, agregat dan air yang ditambahkan pada adukan mortar maupun beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencana. Penelitian ini menggunakan *admixture* berupa *accelerating admixture* dan *superplasticizer*.

Superplastizicer ditambahkan dalam campuran mortar atau beton dalam jumlah tidak lebih dari 5% berat semen. Pemberian yang berlebihan selain tidak ekonomis juga akan menyebabkan penundaan setting yang lama sehingga mortar atau beton akan kehilangan kekuatan akhir.

Superplastizicer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament-NN yang berbentuk cairan sebanyak 4% dari berat semen untuk repair materialnya. Penggunaanya sebanyak 4% dari berat semen karena pada waktu *trial*, proporsi tersebut sudah dapat memenuhi *workability* mortar atau mortar sudah sangat *workable*.

3.3. Benda Uji

3.3.1. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Proporsi campuran benda uji

No	Jumlah Serbuk Ban	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	KTB - 0	12
2	4 %	KTB - 4	12
3	8 %	KTB - 8	12
4	12 %	KTB - 12	12

3.3.2. Proporsi Campuran

Kebutuhan bahan dalam tabel berikut ini merupakan kebutuhan bahan untuk membuat benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Untuk satu kali adukan disajikan dalam Tabel berikut ini :

Tabel 3.3. Proporsi campuran adukan silinder untuk ½ beton normal

No	Identifikasi Sampel	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (lt)
1	0 %	1,09	1,93	3,74	0,52
2	4 %	1,09	1,93	3,74	0,52
3	8 %	1,09	1,93	3,74	0,52
4	12 %	1,09	1,93	3,74	0,52

Tabel 3.4. Proporsi campuran adukan silinder untuk ½ mortar

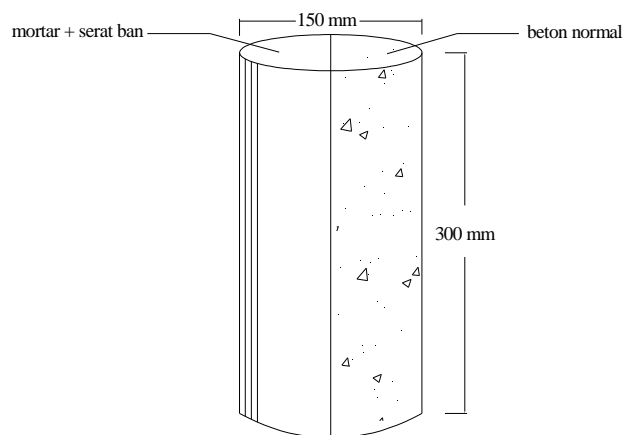
No	Identifikasi Sampel	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (lt)	Pengeras (kg)	Superplastiziser (kg)
1	0 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036
2	4 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036
3	8 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036
4	12 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036

Tabel 3.5. Proporsi campuran adukan silinder untuk ½ mortar + serat ban

No	Identifikasi Sampel	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (lt)	Pengeras (kg)	Superplastiziser (kg)	Serat Ban (gr)
1	0 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036	0
2	4 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036	750,66
3	8 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036	1501,38
4	12 %	1,81	4,51	0,873	0,0072	0,036	2252,04

3.3.3. Jenis Benda Uji

Benda uji yang akan digunakan pada penelitian ini berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Masing-masing sebanyak 12 buah untuk setiap variasi.



Gambar 3.1. Benda Uji

3.3.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan 2 tahapan yaitu pembuatan campuran adukan beton normal dan campuran adukan repair mortar.

Pembuatan campuran adukan beton normal dilakukan setelah menghitung proporsi masing-masing bahan yang dipergunakan, kemudian mencampur dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mengambil bahan-bahan pembentuk ½ beton normal yaitu semen, pasir, kerikil dengan berat yang ditentukan sesuai rencana campuran. Begitu juga

dengan tingkat kejenuhan agregat harus disiapkan secara teliti agar diperoleh kondisi kejenuhan yang diinginkan.

- b. Mencampur dan mengaduk semen, pasir, kerikil sampai benar-benar homogen.
- c. Menambah air sedikit demi sedikit sesuai dengan jumlah faktor air semen yang telah ditentukan serta terus mengaduk campuran tersebut sehingga menjadi adukan beton segar yang homogen.
- d. Masukkan adukan ke dalam cetakan silinder beton yang telah disiapkan. Pada penelitian ini, bahan untuk cetakan adalah cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang pada bagian tengahnya diberi papan sebagai penyekat. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan secara berlapis dan tiap lapis dipadatkan agar pematatannya sempurna. Permukaan adukan diratakan dengan sendok semen.
- e. *Beksting* atau cetakan dapat dibuka apabila pengerasan sudah berlangsung selama satu hari.

Pembuatan campuran adukan repair mortar dilakukan setelah menghitung proporsi masing-masing bahan yang dipergunakan, kemudian mencampur dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Setelah umur beton normal mencapai 28 hari, benda uji di pasang lagi ke dalam cetakan untuk pengecoran yang ke-2 yaitu menggunakan bahan-bahan pembentuk $\frac{1}{2}$ mortar + serat ban.
- b. Mencampur dan mengaduk semen, pasir dan serat ban sampai benar-benar homogen.
- c. Menambah air sedikit demi sedikit sesuai dengan jumlah faktor air semen yang telah ditentukan serta terus mengaduk campuran tersebut sehingga menjadi adukan mortar segar yang homogen
- d. Masukkan adukan ke dalam cetakan silinder beton yang telah terisi $\frac{1}{2}$ beton normal. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan secara berlapis dan tiap lapis dipadatkan agar pematatannya sempurna. Permukaan adukan diratakan dengan sendok semen.
- e. *Bekisting* atau cetakan dapat dibuka apabila pengerasan sudah berlangsung selama satu hari.

3.3.5. Perawatan Benda Uji

Perawatan perlu dilakukan karena untuk mengurangi penguapan air yang berlebihan, sehingga akan membantu berlangsungnya reaksi hidrasi semen. Selain itu juga perawatan pada beton bertujuan untuk mengurangi penyusutan akibat penguapan air yang berlebihan pada beton sehingga perawatan yang baik dan benar diharapkan akan memperoleh benda uji yang baik.

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara menyelimuti benda uji dengan karung basah dan menyirami dengan air selama 7 hari, kemudian karung dibuka dan diangin-anginkan sampai benda uji berumur 28 hari.

3. 4. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan
 - a. Timbangan Digital.
 - b. Timbangan “*Bascule*” merk DSN Bola Dunia, dengan kapasitas 150 kg dengan ketelitian 0,1 kg.
2. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji yang digunakan adalah cetakan silinder yang terbuat dari baja dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
3. Alat bantu
 - a. Cetok semen, digunakan untuk memasukkan campuran repair mortar ke cetakan.
 - b. Gelas ukur kapasitas 1000 ml, digunakan untuk menakar air yang akan dipakai dalam campuran repair mortar.
 - c. Ember untuk tempat air dan sisa adukan.

4. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu disekitar benda uji selama pengamatan dilakukan.

5. Mannometer

Manometer digunakan untuk mengukur kelembaban benda uji selama pengamatan dilakukan.

6. Ayakan dan mesin penggetar ayakan (*vibrator*)

Ayakan dengan ukuran lubang ayakan yang tersedia adalah 75 mm; 50 mm, 38,1 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm, 0,85 mm; 0,30 mm; 0,15 mm dan pan.

Mesin penggetar ayakan (*vibrator*) digunakan untuk pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar.

7. *Conical mould*

Conical mould dengan ukuran diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm lengkap dengan tongkat baja yang ujungnya ditumpulkan dengan ukuran panjang 60 cm, diameter 16 mm digunakan untuk menguji agregat halus sudah dalam keadaan SSD atau belum.

8. Kerucut *Abrams*

Kerucut *Abrams* dari baja dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm lengkap dengan tongkat baja penusuk dengan ukuran panjang 60 cm, diameter 16 mm digunakan untuk mengukur nilai *slump* adukan beton.

9. Alat untuk pengamatan retak pada benda uji menggunakan teropong *micro crack*.

10. *Compression Testing Machine* dengan kapasitas 2000 kN digunakan untuk pengujian kuat tarik belah beton.

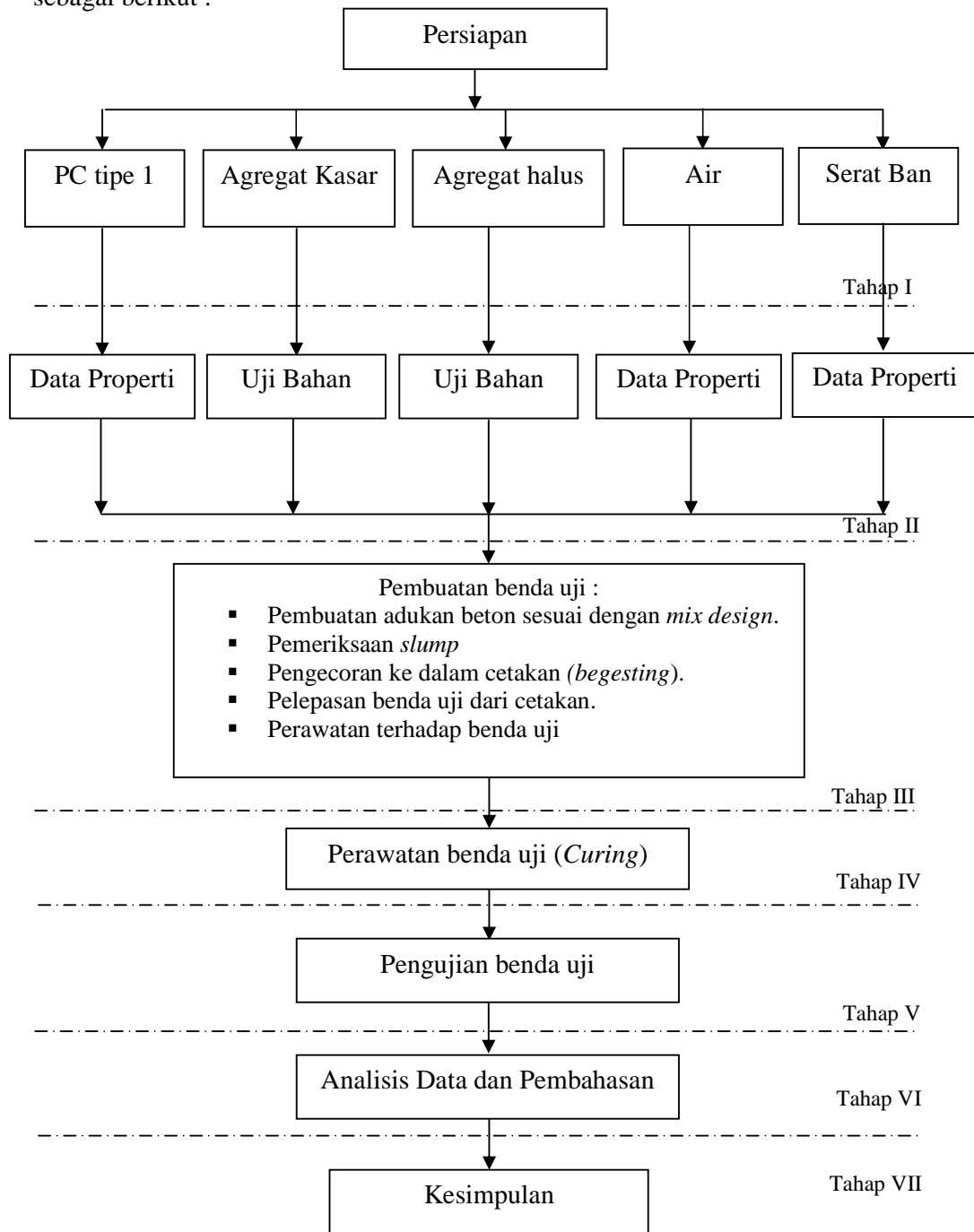
3.5. Prosedur Pengujian

Dalam pengujian kuat tarik belah ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM).

Langkah langkah pengujian :

1. Mengambil benda uji beton silinder.
2. Beton silinder dipasang pada mesin dengan posisi rebah secara tepat, serta bagian selimut silinder dibersihkan dari butiran yang dapat mempengaruhi kekuatannya.
3. Mesin diaktifkan, pendesakan dimulai dan pada mesin desak terlihat jarum penunjuk bergerak sesuai dengan besarnya pembebanan.
4. Menghitung besarnya kuat tarik belah beton

Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir sebagai berikut :



Gambar 3.2. Bagan alir tahap-tahap penelitian

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat

4.1.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian kandungan lumpur, kandungan zat organik, gradasi agregat, kadar air dan berat jenis pasir. Hasil pengujian-pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.1.

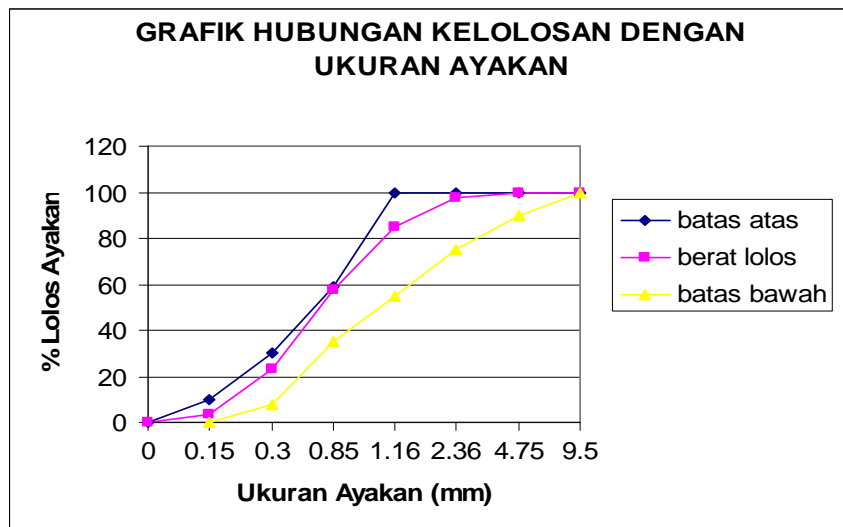
Tabel 4.1. Hasil pengujian agregat halus.

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Syarat (Standar)	Kesimpulan
Kandungan Lumpur	13 %	5 %	Harus dicuci dulu
Kandungan zat organik	Kuning Kemerahan	Kuning	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,34%	1,3 – 3,1	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,375	-	-
<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,55	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,88	-	-
<i>Absorbtion</i>	7,41 %	-	-

Untuk hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat batas dari ASTM C 33 dapat dilihat pada Tabel 4.2. dan Gambar 4.1.

Tabel 4.2. Hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat ASTM C 33.

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan			Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM
	Berat (gr)	Persentase (%)	Kumulatif (%)		
9,50	0	0	0	100	100
4,75	9.2	0.309	0.309	99.691	90 – 100
2,36	59.2	1.989	2.298	97.702	75 – 100
1,16	379	12.735	15.034	84.966	55 - 100
0,85	822	27.621	42.655	57.345	35 - 59
0,30	1023.2	34.382	77.036	22.964	8 - 30
0,15	583.2	19.597	96.633	3.367	0 - 10
Pan	100.2	3.367	100.000	0	-
Jumlah	2976	100	333.965		



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Halus (Pasir)

4.1.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi pengujian gradasi agregat kasar, berat jenis agregat dan abrasi agregat. Hasil pengujian-pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.3. dan 4.4.

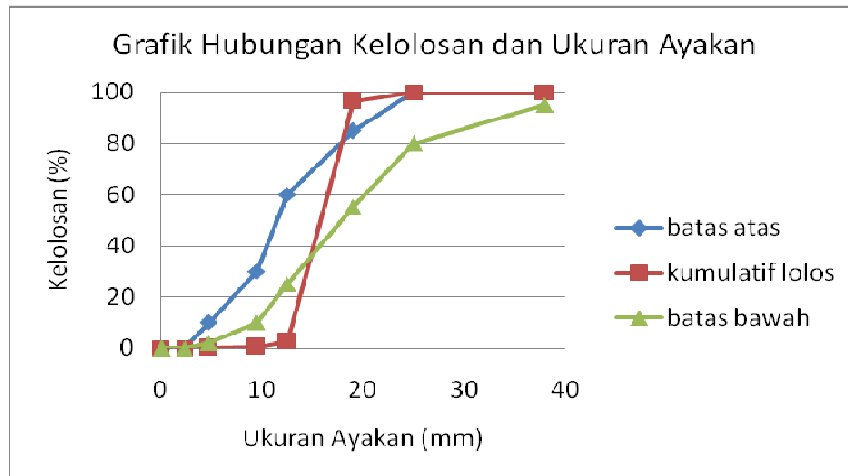
Tabel 4.3. Hasil pengujian agregat kasar.

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Syarat (Standar)	Kesimpulan
Modulus halus butir	5,003	5 – 8	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,45	-	-
<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,53	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,67	-	-
<i>Absorbtion</i>	3,4 %	-	-
Abrasi	23 %	50 %	Memenuhi syarat

Tabel 4.4. Hasil pengujian gradasi agregat kasar.

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan			Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM
	Berat (gr)	Persentase (%)	Kumulatif (%)		
38	0	0.0000	0.0000	100.0000	95-100
25	0	0.0000	0.0000	100.0000	80-100
19	110.2	3.6747	3.6747	96.3253	55-85
12.5	2809.7	93.6910	97.3657	2.6343	25-60
9.5	60	2.0007	99.3664	0.6336	10 -30
4.75	15	0.5002	99.8666	0.1334	2-10
2.36	4	0.1334	100.0000	0.0000	0
0.15	0	0.0000	100.0000	0.0000	0
0	0	0.0000	100.0000	0.0000	0
Jumlah	2998.9	100	600.2734		

Untuk hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat batas dari ASTM C 33 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik daerah susunan butir agregat kasar

4.2. Data Hasil *Bond Split Strength*

Pengujian kuat belah beton terhadap benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada masing-masing benda uji beton dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari, dengan penambahan serat ban sebesar 0%, 4%, 8% dan 12%.

Contoh perhitungannya yaitu :

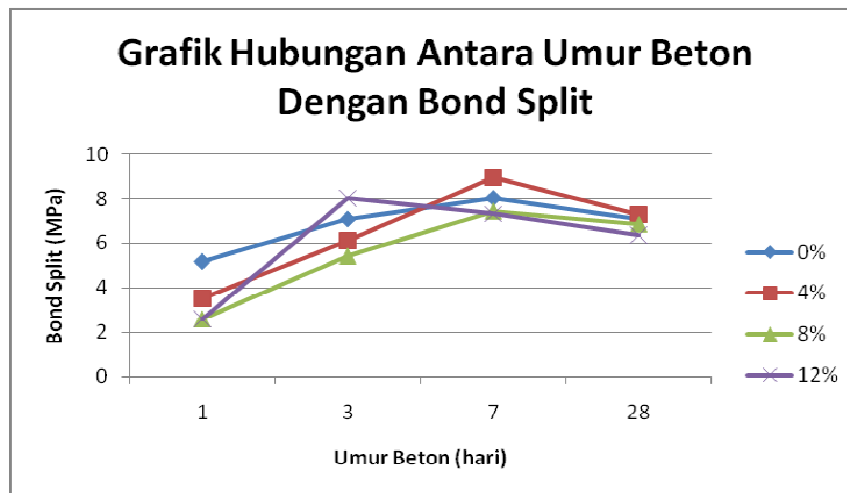
Misalkan untuk *bond split* hari ke-1, dengan penambahan serat ban 0% :

$$\begin{aligned}
 P1 = 30 \text{ kN} &\rightarrow f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} = \frac{2.30}{3,14.300.150} = 4,244 \\
 P2 = 40 \text{ kN} &\rightarrow f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} = \frac{2.40}{3,14.300.150} = 5,659 \\
 P3 = 40 \text{ kN} &\rightarrow f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} = \frac{2.40}{3,14.300.150} = 5,659
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} P1 = 30 \text{ kN} \\ P2 = 40 \text{ kN} \\ P3 = 40 \text{ kN} \end{aligned}} \right\} f_t \text{ rata-rata} = 5,187 \text{ MPa}$$

Selanjutnya akan didapatkan rata-rata yang disajikan dalam tabel berikut ini :

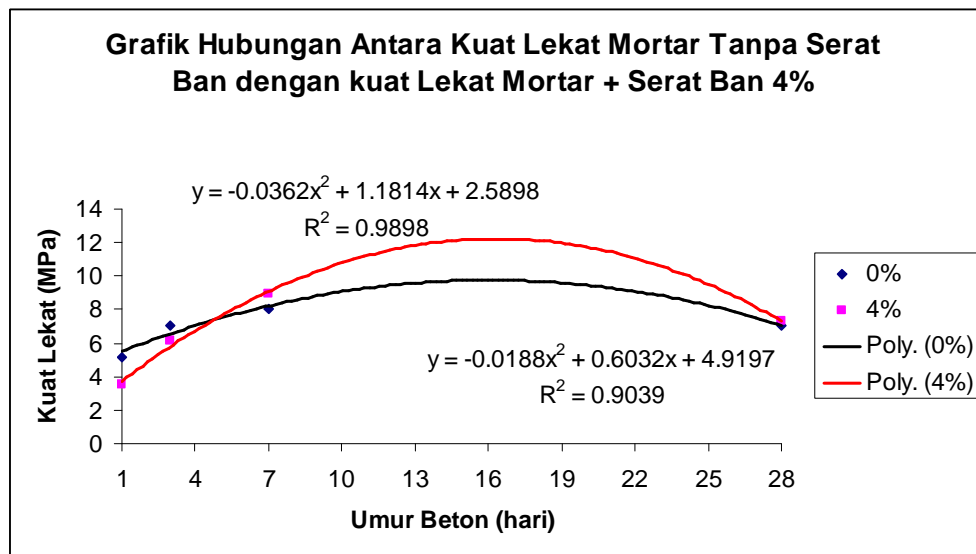
Tabel 4.5. Hasil pembebanan rata-rata pada pengujian kuat tarik belah silinder beton

Serat Ban (%)	Umur Beton (Hari)				Rasio
	1	3	7	28	
0%	5.187	7.074	8.017	7.074	1.000
4%	3.536	6.131	8.959	7.309	1.033
8%	2.593	5.423	7.427	6.838	0.967
12%	2.593	8.017	7.309	6.366	0.900

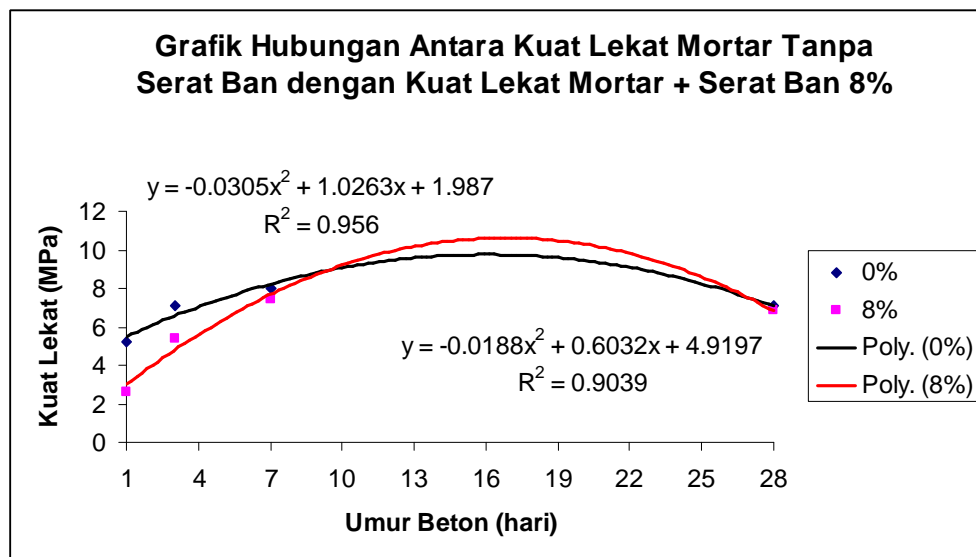


Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Umur Beton dengan Bond Split

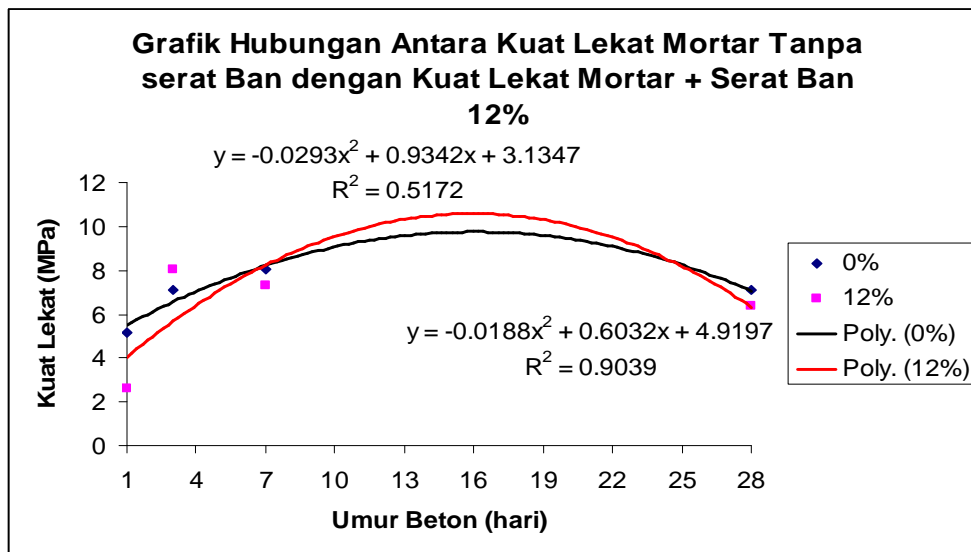
Dari grafik diatas terlihat pada hari ke-1 *bond split* tertinggi ada pada kadar serat 0%, pada hari ke-3 *bond split* tertinggi ada pada kadar serat 12%, pada hari ke-7 *bond split* tertinggi ada pada kadar serat 4% dan pada hari ke-28 *bond split* tertinggi juga ada pada kadar serat 4%.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 4%



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 8%



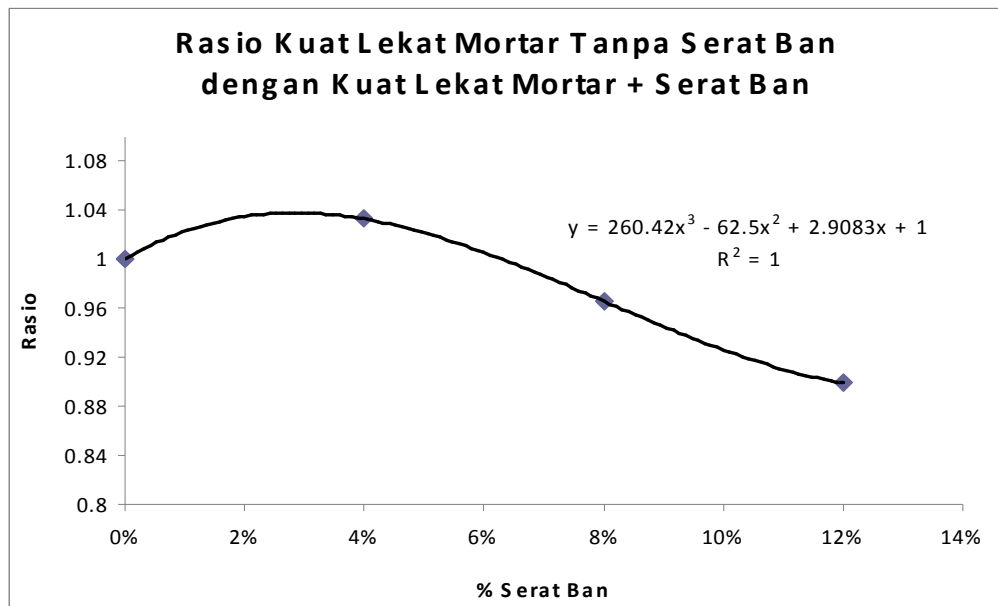
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Kuat Lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban 12%

Di atas adalah gambar grafik hubungan antara kuat lekat mortar tanpa serat ban dengan kuat lekat mortar + serat ban pada berbagai kadar serat. Untuk mengetahui hubungan yang dimaksud maka dari data (tabel 4.5) diolah menggunakan metode analisis regresi polinomial. Analisis tersebut akan menghasilkan persamaan garis yang menyatakan hubungan antara kuat lekat mortar tanpa serat ban dengan kuat lekat mortar + serat ban pada berbagai kadar serat. Perbandingan dilakukan menurut prosentase penambahan serat ban.

Dari **Gambar 4.4**, untuk penambahan kadar serat 4% tampak bahwa nilai kuat lekat dari repair mortar berada pada kisaran 8,59 % lebih tinggi daripada mortar tanpa serat ban.

Dari **Gambar 4.5**, untuk penambahan kadar serat 8% tampak bahwa nilai kuat lekat dari repair mortar berada pada kisaran 5,21 % lebih tinggi daripada mortar tanpa serat ban.

Dari **Gambar 4.6**, untuk penambahan kadar serat 12% tampak bahwa nilai kuat lekat dari repair mortar berada pada kisaran 38 % lebih rendah daripada mortar tanpa serat ban.

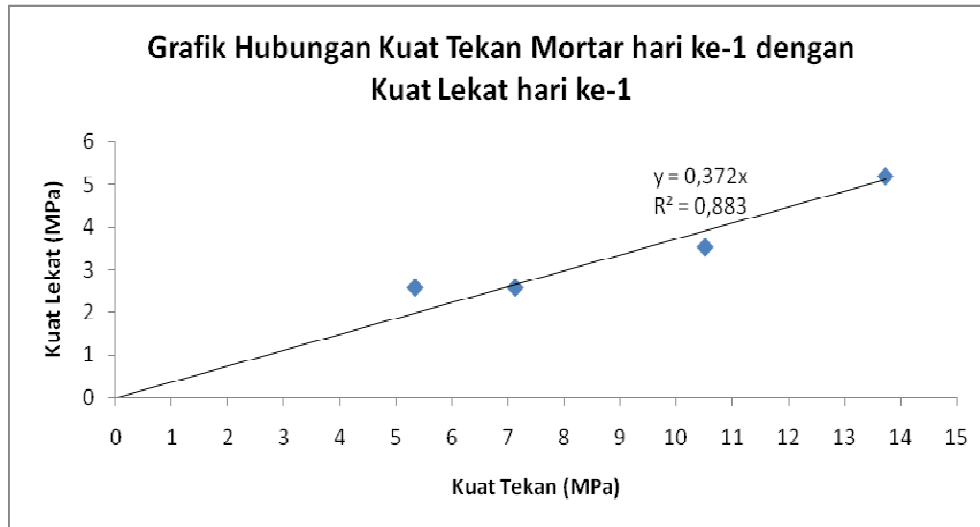


Gambar 4.7. Grafik Rasio Kuat lekat Mortar Tanpa Serat Ban dengan Kuat Lekat Mortar + Serat Ban (28 hari)

Di atas adalah gambar grafik hubungan antara rasio kuat lekat mortar tanpa serat ban dengan kuat lekat mortar + serat ban. Untuk mengetahui hubungan yang dimaksud maka dari data diolah menggunakan metode analisis regresi polinomial. Analisis tersebut akan menghasilkan persamaan garis yang menyatakan hubungan antara kuat lekat mortar tanpa serat ban dengan kuat lekat mortar + serat ban. Perbandingan dilakukan menurut hasil *bond split*.

Dari hasil penelitian di atas dapat diketahui nilai maksimum dari persamaan $Y = 260,4 X^3 - 62,5 X^2 + 2,908 + 1$. Maka nilai maksimum dari Y adalah jika memenuhi persamaan $0 = 781,2 X^2 - 125 X + 2,908$ yaitu X sebesar 0,0282 atau 2,82 %. Dari persamaan tersebut tampak bahwa nilai kuat lekat maksimum dari repair mortar berada pada kadar serat 2,82%.

4.3. Hubungan Kuat Lekat dengan Kuat Tekan



Gambar 4.8. Grafik Hubungan Kuat Tekan Mortar hari ke-1 dengan Kuat Lekat hari ke-1

Hubungan antara kuat tekan mortar dengan kuat lekat dapat dilihat pada Grafik 4.8. Apabila nilai kuat tekan meningkat maka nilai kuat lekat juga akan meningkat. Sebaliknya jika nilai kuat tekan menurun, maka nilai kuat lekat juga akan menurun.

4.4. Pembahasan

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan serat ban pada campuran repair mortar dapat meningkatkan nilai kuat lekat beton. Semakin besar persentase kadar serat maka kuat lekat beton akan semakin tinggi, tetapi pada suatu titik optimal selanjutnya nilai kuat lekat beton akan menurun. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7 dimana nilai kuat lekat maksimum ada pada kadar serat 2,82% kemudian kuat lekatnya akan menurun seiring dengan penambahan persentase serat ban.

Penurunan nilai kuat lekat tersebut bisa terjadi karena dengan jumlah pasta semen (jumlah air dan semen) yang tetap, namun terjadi penambahan serat ban yang mengakibatkan persentase pasta semen menjadi lebih kecil. Dimana pasta semen adalah komponen yang dapat mengikat dan mengembangkan ikatan repair mortar dengan beton induk.

Pada Gambar 4.8 didapatkan suatu hubungan, apabila nilai kuat tekan meningkat maka nilai kuat lekat juga akan meningkat. Sebaliknya jika nilai kuat tekan menurun, maka nilai kuat lekat juga akan menurun. Hal ini dikarenakan faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan itu sama dengan faktor yang mempengaruhi nilai kuat lekat. Faktor tersebut antara lain adalah dari proses hidrasi, penambahan serat ban, dll.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari seluruh pengujian, analisis data, dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Penambahan serat ban ke dalam campuran repair mortar dapat meningkatkan nilai kuat lekat beton.
2. Nilai kuat lekat maksimum ada pada kadar serat 2,82 % kemudian nilai kuat lekatnya akan menurun seiring dengan penambahan persentase serat ban.

.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran-saran yang akan berguna pada masa mendatang, saran-saran yang diberikan adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui lebih akurat pengaruh penambahan serat dengan jumlah sampel yang lebih besar dan dengan interval konsentrasi serat yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2005. Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret: Surakarta

Bambang Suhendro. 2000. *Beton Fiber Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Istimawan Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia: Jakarta

Kardiyono Tjokrodimulyo. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta

Tri Mulyono. 2003. *Teknologi Beton*. Andi: Yogyakarta

.

LAMPIRAN A

PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Pengujian : Kandungan Lumpur
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-117
Alat dan Bahan :

- Gelas ukur 250 cc
- Oven listrik
- Pasir 100 gr
- Cawan
- Pipet
- Air bersih
- Neraca

Hasil pengujian :

Tabel B.1. Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Simbol	Keterangan	Berat (gr)
G_0	Pasir sebelum dicuci (kering 110 °C, 24 jam)	100
G_1	Pasir setelah dicuci (kering 110 °C, 24 jam)	87
$G_0 - G_1$	Selisih pasir sebelum dan setelah dicuci	13

$$\text{Prosentase kandungan lumpur} = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\%$$

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100 - 87}{100} \times 100\% = 13\%$$

Syarat :

Kandungan lumpur dalam agregat halus tidak boleh lebih dari 5 % (PBI 1971 pasal 3.3 ayat 3).

Analisis :

Dari hasil perhitungan diperoleh kandungan lumpur dalam pasir adalah 13%, sehingga pasir tidak layak digunakan sebagai agregat halus, harus dicuci dahulu.

PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Pengujian : Kandungan Zat Organik
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-40
Alat dan Bahan :

- Gelas ukur 250 cc
- Oven listrik
- Pasir
- Larutan NaOH 3%

Hasil Pengujian :

Warna larutan hasil pengamatan : kuning Muda

Tabel B.2. Tabel Perubahan Warna

Warna Larutan	Kadar Zat Organik
Jernih	0%
Kuning Muda	0% - 10%
Kuning Tua	10% - 20%
Kuning Kemerahan	20% - 30%
Coklat Kemerahan	30% - 50%
Coklat Tua	50% - 100%

Sumber : Prof. Ir.Roeseno

Syarat :

Agregat halus yang mengandung bahan organik dapat dipakai, asal kekuatan tekan pada umur 7 hari dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air pada umur yang sama atau penurunan yang diperbolehkan maksimum 5% (PBI 1971).

Analisis:

Warna larutan hasil pengamatan adalah Kuning kemerahan. Hal ini menunjukkan bahwa pasir mengandung zat organik sebesar 20 %-30 %.

PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Pengujian : *Specific Gravity*
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-128
Alat dan Bahan :

- Volumetrik flas
- Oven listrik
- Neraca
- *Conical Mould* + penumbuk
- Pasir 500 gr
- Air bersih

Hasil pengujian :

Tabel B.3. Hasil Pengujian *Specific Gravity* Agregat Halus

Simbol	Keterangan	Berat (gr)
D	Pasir kondisi SSD	500
A	Pasir kering oven	465,5
B	Berat Volumetrik + Air	720
C	Berat Volumetrik + Pasir + Air	1024

$$\text{Bulk Specific Grafity} = \frac{A}{B + D - C} = \frac{465,5}{720 + 500 - 1024} = 2,375$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{D}{B + D - C} = \frac{500}{720 + 500 - 1024} = 2,55$$

$$\text{Apparent Specific Grafity} = \frac{A}{B + A - C} = \frac{466,85}{720 + 466,85 - 1024} = 2,88$$

$$\text{Absorbtion} = \frac{D - A}{A} \times 100\% = \frac{500 - 465,5}{465,5} \times 100\% = 7,41 \%$$

Menurut ASTM C.128-79 syarat *Bulk Specific Gravity SSD* antara 2,5-2,7 maka pasir memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai agregat halus.

PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Pengujian : Gradasi
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-136
Alat dan Bahan :

- Satu set ayakan (9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.3 mm, 0.15 mm dan PAN)
- Timbangan
- Mesin penggetar ayakan
- Pasir kering oven

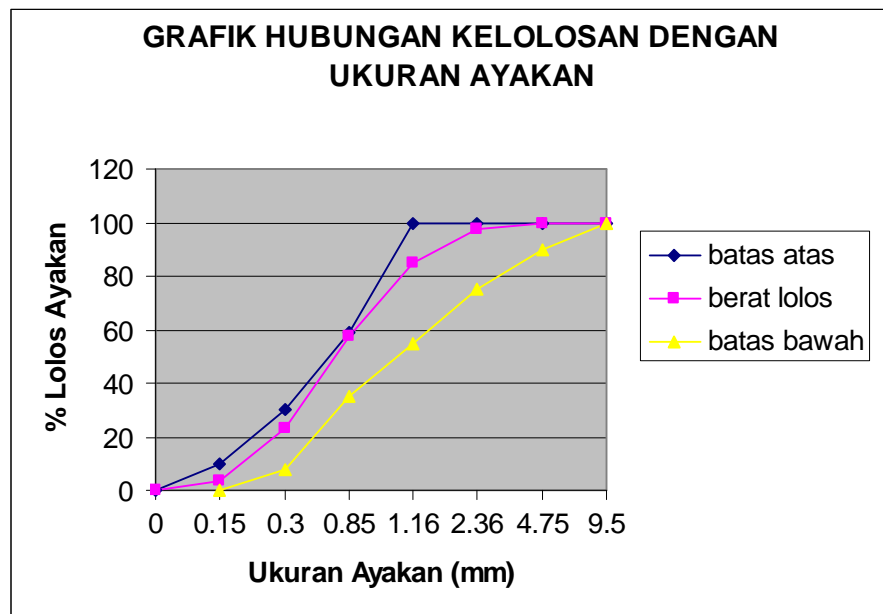
Hasil pengujian :

Tabel B.4. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan			Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM
	Berat (gr)	Persentase (%)	Kumulatif (%)		
9,50	0	0	0	100	100
4,75	9.2	0.309	0.309	99.691	90 – 100
2,36	59.2	1.989	2.298	97.702	75 – 100
1,16	379	12.735	15.034	84.966	55 - 100
0,85	822	27.621	42.655	57.345	35 - 59
0,30	1023.2	34.382	77.036	22.964	8 - 30
0,15	583.2	19.597	96.633	3.367	0 - 10
Pan	100.2	3.367	100.000	0	-
Jumlah	2976	100	333.965		

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{C - 100}{B} = \frac{233.965}{100} = 2,34$$

$$\text{Agregat yang hilang} = \frac{(3000 - 2976)}{3000} \times 100\% = 0,8\% < 1\%$$



Gambar B.1. Grafik Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Syarat :

Modulus halus agregat halus antara 2,3 – 3,1 (ASTM C – 33)

Analisis :

- Dari hasil perhitungan, modulus halus pasir sebesar 2,93 sehingga masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.
- Dari analisa saringan, pasir yang diuji telah memenuhi syarat batas yang telah ditentukan oleh ASTM C – 33.
- Dari analisa saringan, pasir yang diuji masih memenuhi syarat sebagai agregat halus untuk beton kedap air menurut SK SNI S-36-1990-03.

PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

Pengujian : Gradasi
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C.33-84
Alat dan Bahan :

1. Satu set ayakan (9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.3 mm, 0.15 mm dan PAN)
2. Timbangan
3. Mesin penggetar ayakan
4. Kerikil kering oven

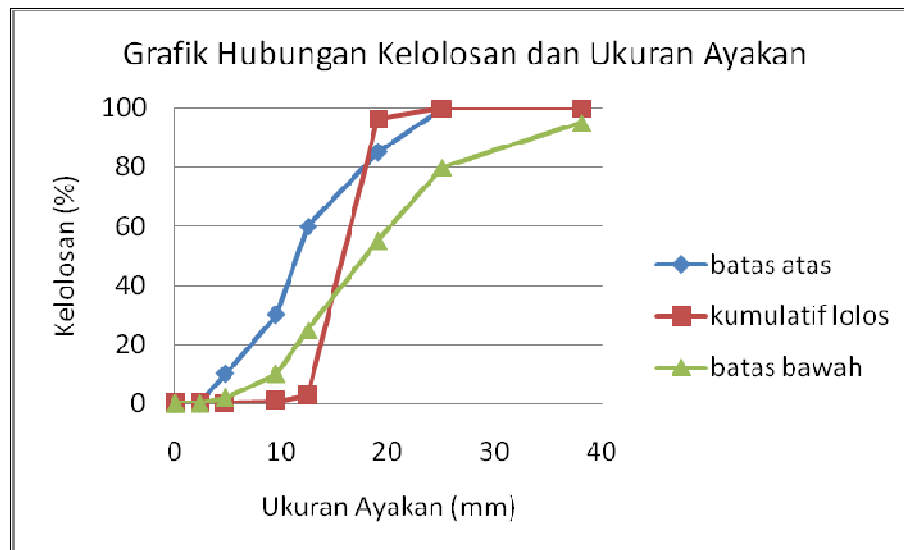
Hasil pengujian :

Tabel B.5. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan			Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM
	Berat (gr)	Persentase (%)	Kumulatif (%)		
38	0	0.0000	0.0000	100.0000	95-100
25	0	0.0000	0.0000	100.0000	80-100
19	110.2	3.6747	3.6747	96.3253	55-85
12.5	2809.7	93.6910	97.3657	2.6343	25-60
9.5	60	2.0007	99.3664	0.6336	10 -30
4.75	15	0.5002	99.8666	0.1334	2-10
2.36	4	0.1334	100.0000	0.0000	0
0.15	0	0.0000	100.0000	0.0000	0
0	0	0.0000	100.0000	0.0000	0
Jumlah	2998.9	100	600.2734		

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Kumulatif Tertahan} - \% \text{ Tertahan}}{\% \text{ Tertahan}} = \frac{500,2734}{100} = 5,003$$

$$\text{Agregat yang hilang} = \frac{(3000 - 2998,9)}{3000} \times 100\% = 0,037\% < 1\%$$



Gambar B.2. Grafik Gradasi Agregat Kasar (Kerikil)

Syarat :

Modulus halus agregat kasar antara 5 – 8 (ASTM C 33-84)

Analisis :

Berdasarkan hasil perhitungan, modulus halus kerikil sebesar 5.003 sehingga memenuhi syarat sebagai agregat kasar.

PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

Pengujian : Abrasi
Tanggal : Mei 2009
Standar : PBI
Alat dan Bahan :
1. Mesin Los Angeles
2. Timbangan
3. Bola pejal pengesek
4. Ayakan 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; pan
5. Kerikil kering oven

Hasil pengujian :

Berat agregat kasar (kerikil) awal = 5000 gr
Berat agregat kasar (kerikil) akhir = 1150 gr
Kehilangan agregat = $5000 - 1150 = 3850$ gr
Keausan agregat = $\frac{\text{berat tertahan}}{\text{berat awal}} \times 100 \%$
 $= \frac{1150}{5000} \times 100 \%$
 $= 23 \%$

Syarat :

Berdasarkan PBI nilai keausan agregat kasar yang diijinkan adalah $\leq 50\%$

Analisis :

Berdasarkan hasil perhitungan, keausan agregat sebesar 23 % sehingga memenuhi syarat sebagai agregat kasar.

PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

Pengujian : *Specific Gravity*
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-128
Alat dan Bahan :

1. Bejana yang dilengkapi *container*
2. Oven listrik
2. Neraca
3. Ember
4. Cawan
5. Kerikil kering oven 3000 gr
6. Air bersih

Hasil pengujian :

Tabel B.6. Hasil Pengujian *Specific Gravity* Agregat Kasar

Simbol	Keterangan	Berat (gr)
A	Kerikil kering oven	3000
B	Kerikil kondisi SSD	3102
C ₁	Berat kerikil dalam <i>container</i> tercelup	2230
C ₀	Berat <i>container</i> dalam air	352
C	Berat kerikil dalam air	1878

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{A}{B - C} = \frac{3000}{3102 - 1878} = 2,45$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{B}{B - C} = \frac{3102}{3102 - 1878} = 2,53$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A - C} = \frac{3000}{3000 - 1878} = 2,67$$

$$\text{Absorbtion} = \frac{B - A}{A} \times 100\% = \frac{3102 - 3000}{3000} \times 100\% = 3,4 \%$$

Analisis :

Menurut ASTM C.127-81 syarat *Bulk Specific Gravity SSD* antara 2,5-2,7 maka kerikil tidak memenuhi syarat.

PENGUJIAN BERAT JENIS SERAT BAN

Pengujian : **Berat Jenis Serat Ban**

Tanggal : 22 Mei 2009

Alat dan bahan :
- Gelas ukur 250 cc
- Neraca
- Serat ban
- Air

Hasil pengujian :

- Volume Air : 20 ml
- Berat serat ban : 20 gr (A)
- Berat gelas ukur + air : 397 gr (B)
- Berat Gelas Ukur + air + serat ban : 400 gr (C)

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Serat Ban} &= \frac{A}{B + A - C} \\ &= \frac{20}{397 + 20 - 400} \\ &= 1,18\end{aligned}$$

PENGUJIAN GRADASI SERAT BAN

Pengujian : Gradasi Serat Ban
Tanggal : 22 Mei 2009
Alat dan bahan :

- Satu set ayakan (ukuran 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, pan)
- Neraca
- Serat ban

Hasil Pengujian :

Tabel Hasil Pengujian Gradasi Serat Ban

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan			Kumulatif Lolos(%)
	Berat(gr)	Prosentase(%)	Kumulatif(%)	
4,75	415	33.414	33.414	66.586
2,36	125	10.064	43.478	56.522
1,18	340	27.375	70.853	29.147
0,85	265	21.337	92.190	7.810
Pan	97	7.81	100	0
Jumlah	1242	100	339.936	

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus} &= \frac{\sum (\%kom) - 100}{100} \\ &= \frac{339.936 - 100}{100} = 2.3994\end{aligned}$$

$$\text{Agregat yang hilang} = \frac{1250 - 1242}{1250} \times 100\% = 0.64\%$$

PEMERIKSAAN SEMEN PORTLAND

Pengujian : Vicat
Tanggal : Mei 2009
Standar : ASTM C-191
Alat dan bahan :

- Alat vicat
- Gelas ukur
- Pencatat waktu
- Semen Portland
- Air

Hasil pengujian :

1). Faktor air semen = 0,50

Volume air = 100 ml

Berat semen = $100/0,50 = 150$ gram

Tabel A.1. Penurunan Jarum Penetrasi terhadap Waktu dengan fas = 0,50

No.	Waktu (menit)	Penurunan (cm)
1	30	4,0
2	45	4,0
3	60	4,0
4	75	4,0
5	90	3,7
6	105	3,3
7	120	3,0
8	135	2,70
9	150	2,5

Syarat :

Initial setting time (waktu pengikatan awal) adalah 45-375 menit (PBI 1971 pasal 3.4 ayat 5).

Analisis :

- *Initial setting time* (waktu pengikatan awal) semen dengan faktor air semen 0,6 terjadi pada rentang waktu antara 135-150 menit. Hal ini memenuhi standar yang disyaratkan, yaitu antara 45-375 menit.

LAMPIRAN B

RENCANA CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*)

1. $f'c$ yang disyaratkan 28 hari : 23 Mpa
2. Deviasi standart (Sd) : 5,6 (tingkat pekerjaan baik)
3. Nilai tambah (m) : $1,64 \times 5,6 : 9,18 \text{ Mpa} \sim 9 \text{ Mpa}$
4. $f'cr = f'c + m$

$$= 23 + 9$$

$$= 32 \text{ Mpa}$$

5. Jenis semen : type 1
6. Faktor air semen : 0,478
7. Nilai slump : 0-10 cm
8. Ukuran max. Butiran kerikil : 20 mm
9. Kebutuhan air : 170 (Tabel 7.14)
10. Kebutuhan semen : $\frac{170}{0,478} = 355,649 \text{ kg}$
11. Golongan pasir : golongan 2
12. Prosentase pasir terhadap campuran: 34%
13. Berat jenis pasir dan kerikil diambil 2,6
14. Berat jenis ban : 1,18
15. Berat beton : 2385 kg/m^3 (gb. 7.11)
16. Kebutuhan pasir dan kerikil

$$\begin{aligned} W_{\text{psr+krkl}} &= W_{\text{beton}} - 170 - 355,649 \\ &= 2385 - 170 - 355,649 \\ &= 1859,351 \text{ kg} \end{aligned}$$

17. Kebutuhan pasir

$$\begin{aligned} W_{\text{psr}} &= (P/100) \times W_{\text{psr+krkl}} \\ &= (34/100) \times 1859,351 \\ &= 632,179 \text{ kg} \end{aligned}$$

18. Kebutuhan Kerikil

$$\begin{aligned} W_{\text{krkl}} &= W_{\text{psr+krkl}} - W_{\text{psr}} \\ &= 1859,351 - 632,179 \\ &= 1227,172 \text{ kg} \end{aligned}$$

KEBUTUHAN BAHAN CAMPURAN BETON NORMAL

Untuk 1 m³ beton (berat beton = 2385 kg) dibutuhkan :

- Air = 170 liter
- Semen = 355,649 kg
- Pasir = 632,179 kg
- Kerikil = 1227,172 kg

$$\begin{aligned}\text{Volume Benda Uji (silinder : 150 x 300 mm)} &= \frac{1}{4}\pi.d^2.t \\ &= \frac{1}{4}\pi.15^2.t \\ &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\ &= 5,301438 \times 10^{-3} \text{ m}^3\end{aligned}$$

Kebutuhan bahan untuk 1 benda uji:

- Air = $5,301438 \times 10^{-3} \times 170$ = 0,90 liter
- Semen = $5,301438 \times 10^{-3} \times 355,649$ = 1,89 kg
- Pasir = $5,301438 \times 10^{-3} \times 632,179$ = 3,35 kg
- Kerikil = $5,301438 \times 10^{-3} \times 1227,172$ = 6,51 kg

Jumlah beton yang dibutuhkan = 48 buah benda uji ½ cetakan

Kebutuhan bahan untuk 48 buah benda uji ½ cetakan :

- Air = 24 x 0,90 x 1,15 = 24,84 liter
- Semen = 24 x 1,89 x 1,15 = 52,164 kg
- Pasir = 24 x 3,35 x 1,15 = 92,46 kg
- Kerikil = 24 x 6,51 x 1,15 = 179,676 kg

KEBUTUHAN BAHAN CAMPURAN MORTAR

➤ Uji Pendahuluan

- Perbandingan 1 : 2,5
- Faktor Air Semen : 0,5
- Volume Kubus = $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$
 $= 3375 \text{ cm}^2$
- Pasir = 5 kg
- Semen = 2 kg
- Air = 1 Liter

➤ Volume Benda Uji (silinder : 150 x 300 mm)

- Volume = $\frac{1}{4}\pi \cdot d^2 \cdot t$
 $= \frac{1}{4}\pi \cdot 150^2 \cdot 300$
 $= 5301,438 \text{ cm}^3$

Kebutuhan Bahan per 1 Benda Uji, Dengan 4 variasi serat ban masing-masing 0%, 4%, 8%, dan 12%.

$$\text{Pasir} = \frac{5301,438}{3375} \times 5 \text{ Kg} \times 1,15 = 9,032 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = \frac{5301,438}{3375} \times 2 \text{ Kg} \times 1,15 = 3,613 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 3,613 \times 0,5 = 1,807 \text{ liter}$$

$$\text{Superplasticizer} = \frac{2}{100} \times 3,613 = 0,0723 \text{ kg}$$

$$\text{Pengeras} = \frac{0,4}{100} \times 3,613 = 0,0144 \text{ kg}$$

Serat ban :

$$\text{Variasi 0\%} = \frac{0}{100} \times 5301,438 \times 1,18 = 0 \text{ gr}$$

$$\text{Variasi 4\%} = \frac{4}{100} \times 5301,438 \times 1,18 = 125,11 \text{ gr}$$

$$\text{Variasi 8\%} = \frac{8}{100} \times 5301,438 \times 1,18 = 250,23 \text{ gr}$$

$$\text{Variasi 12\%} = \frac{12}{100} \times 5301,438 \times 1,18 = 375,34 \text{ gr}$$

⇒ Bahan Per 12 Benda Uji $\frac{1}{2}$ cetakan untuk variasi serat ban 0 %

- Pasir = $9,032 \text{ kg} \times 6 = 54,192 \text{ kg}$
- Semen = $3,613 \text{ kg} \times 6 = 21,678 \text{ kg}$
- Air = $1,807 \text{ liter} \times 6 = 10,482 \text{ kg}$
- Superplasticizer = $0,0723 \text{ kg} \times 6 = 0,4338 \text{ kg}$
- Pengeras = $0,0144 \text{ kg} \times 6 = 0,0864 \text{ kg}$

⇒ Bahan Per 12 Benda Uji $\frac{1}{2}$ cetakan untuk variasi serat ban 4 %

- Pasir = $9,032 \text{ kg} \times 6 = 54,192 \text{ kg}$
- Semen = $3,613 \text{ kg} \times 6 = 21,678 \text{ kg}$
- Air = $1,807 \text{ liter} \times 6 = 10,482 \text{ kg}$
- Superplasticizer = $0,0723 \text{ kg} \times 6 = 0,4338 \text{ kg}$
- Pengeras = $0,0144 \text{ kg} \times 6 = 0,0864 \text{ kg}$
- Serat ban = $125,11 \text{ kg} \times 6 = 750,66 \text{ gr}$

⇒ Bahan Per 12 Benda Uji $\frac{1}{2}$ cetakan variasi serat ban 8 %

- Pasir = $9,032 \text{ kg} \times 6 = 54,192 \text{ kg}$
- Semen = $3,613 \text{ kg} \times 6 = 21,678 \text{ kg}$
- Air = $1,807 \text{ liter} \times 6 = 10,482 \text{ kg}$
- Superplasticizer = $0,0723 \text{ kg} \times 6 = 0,4338 \text{ kg}$
- Pengeras = $0,0144 \text{ kg} \times 6 = 0,0864 \text{ kg}$
- Serat ban = $250,23 \text{ kg} \times 6 = 1501,38 \text{ gr}$

⇒ Bahan Per 12 Benda Uji $\frac{1}{2}$ cetakan untuk variasi serat ban 12 %

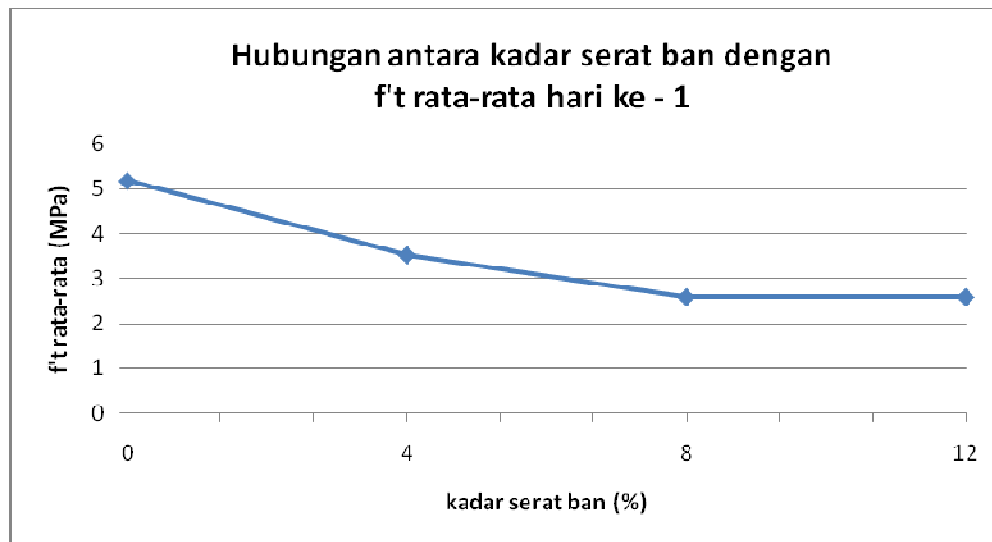
- Pasir = $9,032 \text{ kg} \times 6 = 54,192 \text{ kg}$
- Semen = $3,613 \text{ kg} \times 6 = 21,678 \text{ kg}$
- Air = $1,807 \text{ liter} \times 6 = 10,482 \text{ kg}$
- Superplasticizer = $0,0723 \text{ kg} \times 6 = 0,4338 \text{ kg}$
- Pengeras = $0,0144 \text{ kg} \times 6 = 0,0864 \text{ kg}$
- Serat ban = $375,34 \text{ kg} \times 6 = 2252,04 \text{ gr}$

LAMPIRAN C

DATA HASIL PENGUJIAN

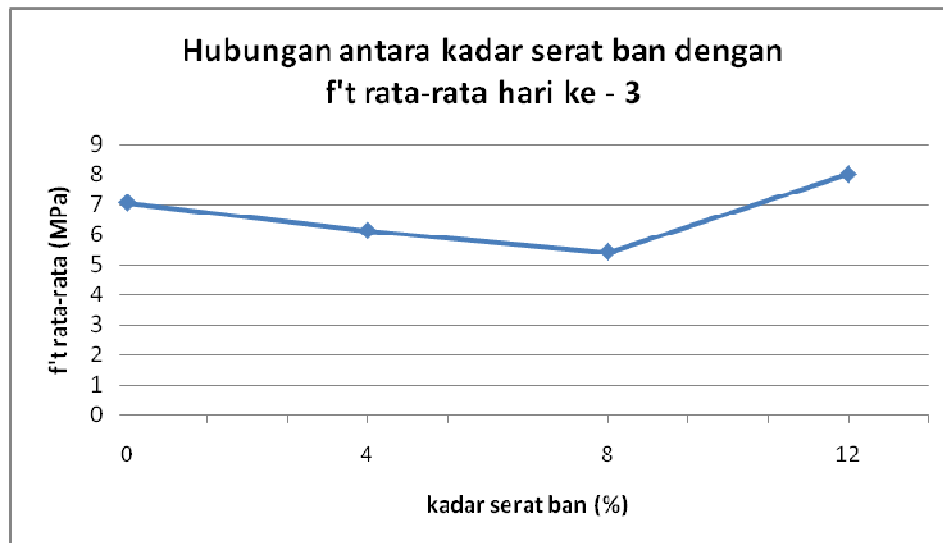
HARI KE - 1

BENDA UJI		P maks (kN)	$\pi \times D \times L$ (mm ²)	f't (MPa)	f't rata-rata (MPa)
SERAT BAN (%)	NO				
0	1	30	141371,669	4,244	5,187
	2	40	141371,669	5,659	
	3	40	141371,669	5,659	
4	1	15	141371,669	2,122	3,536
	2	40	141371,669	5,659	
	3	20	141371,669	2,829	
8	1	20	141371,669	2,829	2,593
	2	15	141371,669	2,122	
	3	20	141371,669	2,829	
12	1	20	141371,669	2,829	2,593
	2	20	141371,669	2,829	
	3	15	141371,669	2,122	



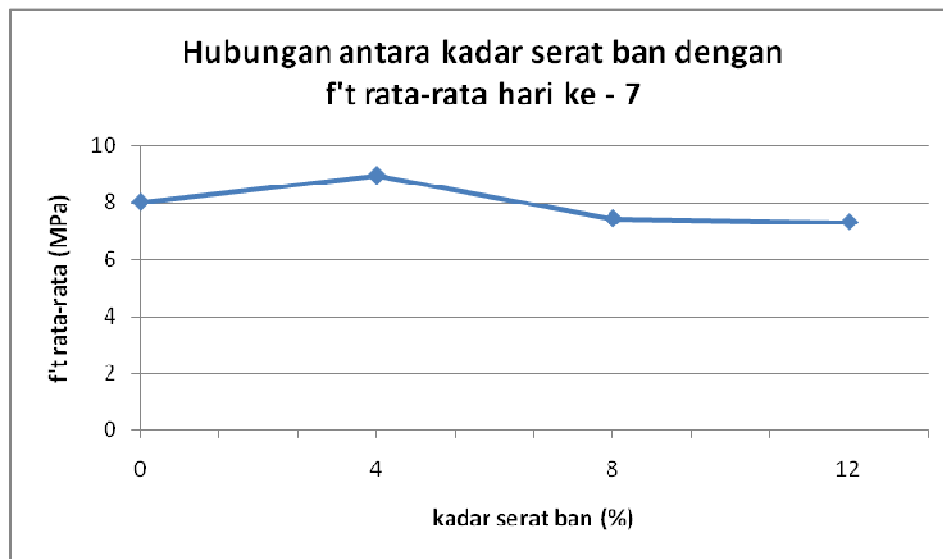
HARI KE - 3

BENDA UJI		P maks (kN)	$\pi \times D \times L$ (mm ²)	f't (MPa)	f't rata-rata (MPa)
SERAT BAN (%)	NO				
0	1	60	141371,669	8,488	7,074
	2	40	141371,669	5,659	
	3	-	-	-	
4	1	40	141371,669	5,659	6,131
	2	40	141371,669	5,659	
	3	50	141371,669	7,074	
8	1	30	141371,669	4,244	5,423
	2	50	141371,669	7,074	
	3	35	141371,669	4,951	
12	1	70	141371,669	9,903	8,017
	2	50	141371,669	7,074	
	3	50	141371,669	7,074	



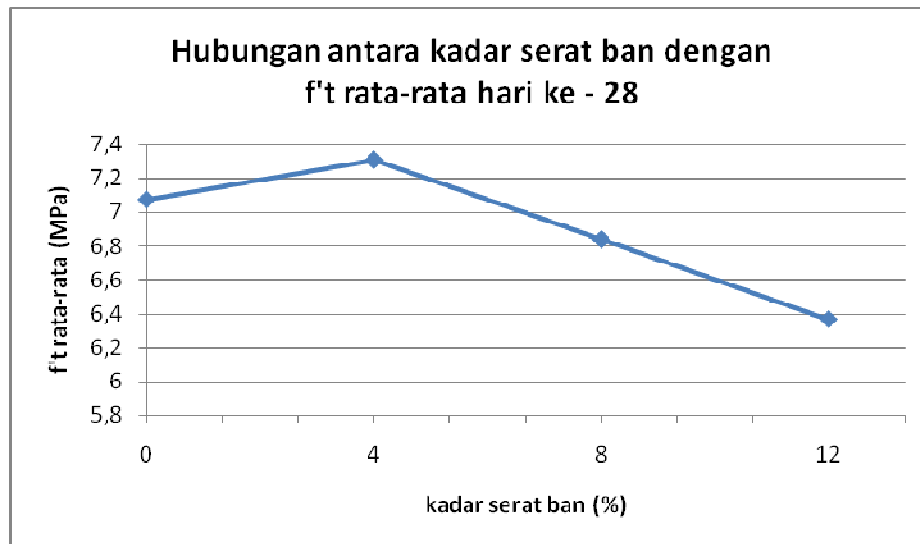
HARI KE - 7

BENDA UJI		P maks (kN)	$\pi \times D \times L$ (mm ²)	f't (MPa)	f't rata-rata (MPa)
SERAT BAN (%)	NO				
0	4	70	141371,669	9,903	8,017
	5	60	141371,669	8,488	
	6	40	141371,669	5,659	
4	4	80	141371,669	11,318	8,959
	5	35	141371,669	4,951	
	6	75	141371,669	10,61	
8	4	70	141371,669	9,903	7,427
	5	35	141371,669	4,951	
	6	-	141371,669	-	
12	4	75	141371,669	10,61	7,309
	5	40	141371,669	5,659	
	6	40	141371,669	5,659	

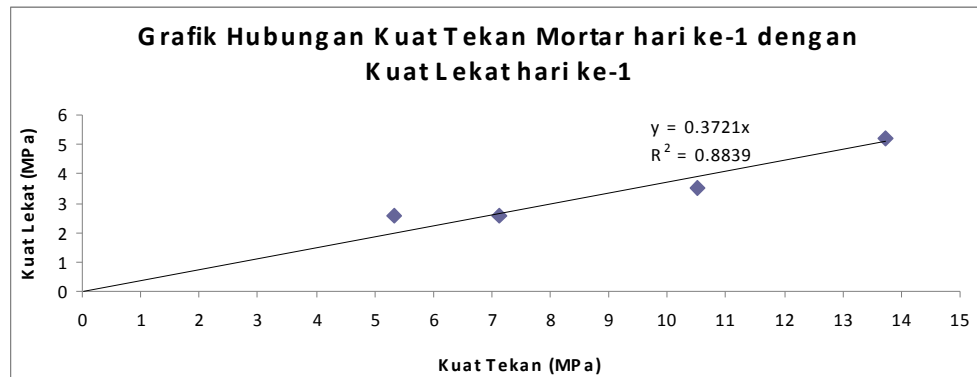


HARI KE - 28

BENDA UJI		P maks (kN)	$\pi \times D \times L$ (mm ²)	f't (MPa)	f't rata-rata (MPa)
SERAT BAN (%)	NO				
0	4	40	141371,669	5,659	7,074
	5	50	141371,669	7,074	
	6	60	141371,669	8,488	
4	4	60	141371,669	8,488	7,309
	5	50	141371,669	7,074	
	6	45	141371,669	6,366	
8	4	45	141371,669	6,366	6,838
	5	50	141371,669	7,074	
	6	50	141371,669	7,074	
12	4	50	141371,669	7,074	6,366
	5	35	141371,669	4,951	
	6	50	141371,669	7,074	



Serat Ban (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Lekat (Mpa)
0	13.73	5.187
4	10.51	3.536
8	7.12	2.593
12	5.33	2.593



LAMPIRAN D

DOKUMENTASI

A. Alat dan Bahan Pengujian



Timbangan



Neraca



Timbangan Digital



Oven



Saringan



Cetakan Silinder Beton



Molen



CTM (Compression Testing Machine)



Pasir



Serat Ban



Kerikil



Sikament-NN dan Accelerator



Semen

B. Kegiatan Pengujian



Pembuatan Campuran *Repair* mortar



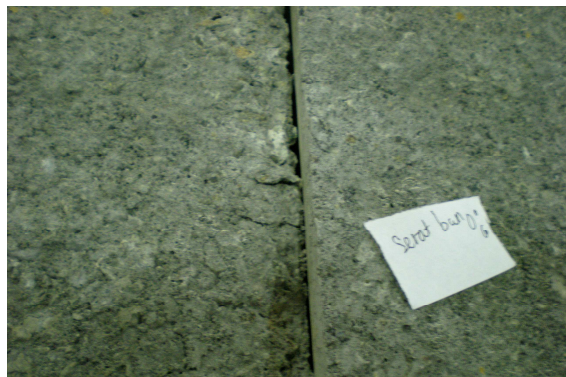
Pencetakan Benda Uji



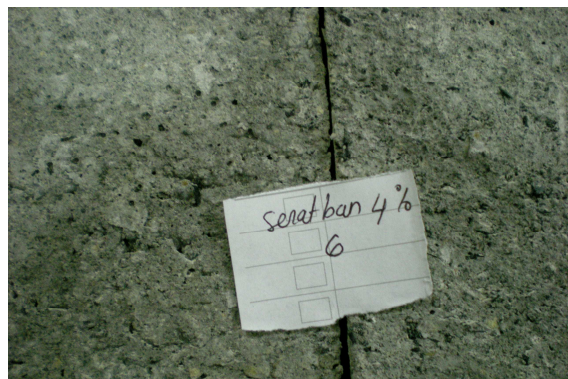
Perawatan (*Curing*)



Sampel Uji Kuat Tarik Belah



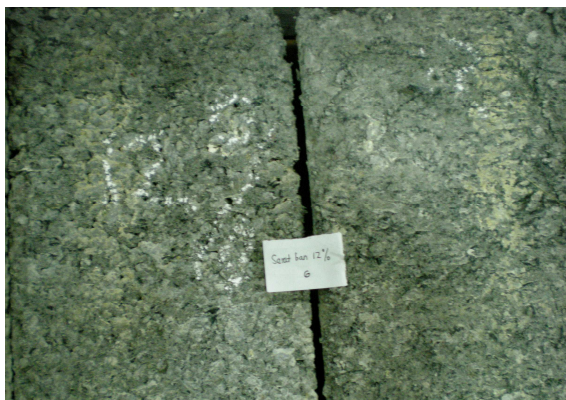
Hasil Uji Kuat Tarik Belah Serat Ban 0%



Hasil Uji Kuat Tarik Belah Serat Ban 4%



Hasil Uji Kuat Tarik Belah Serat Ban 8%



Hasil Uji Kuat Tarik Belah Serat Ban 12%